RECHERCHES

SUR

LA CONSTRUCTION LA PLUS AVANTAGEUSE

DES DIGUES.

Ouvrage pour ſervir de ſuite à la ſeconde Partie de l'Architecture Hydraulique de M. BELIDOR.

RECHERCHES

SUR

LA CONSTRUCTION LA PLUS AVANTAGEUSE

DES DIGUES:

Ouvrage qui a remporté le Prix quadruple proposé par l'Académie Royale des Sciences, Inscriptions & Belles-Lettres de Toulouse, pour l'année 1762.

Par M. l'Abbé BOSSUT, *Professeur Royal de Mathématiques aux Ecoles du Génie; Correspondant de l'Académie Royale des Sciences de Paris.*

ET

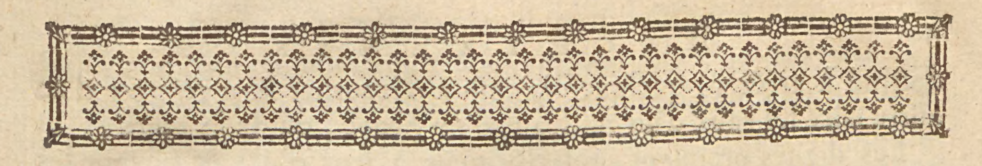
Par M. VIALLET, *sous-Inspecteur des Ponts & Chaussées de la Province de Champagne, Membre de la Société Littéraire de Châlons-sur-Marne.*



A PARIS, RUE DAUPHINE,

Chez CHARLES-ANTOINE JOMBERT, Libraire du Roi pour l'Artillerie & le Génie, à l'Image Notre-Dame.

M. DCC. LXIV.



RECHERCHES
SUR
LA CONSTRUCTION LA PLUS AVANTAGEUSE
DES DIGUES.

I.

L'ACADÉMIE Royale des Sciences, Inſcriptions & Belles-Lettres de Toulouſe propoſe pour ſujet du Prix quadruple qu'elle doit adjuger en 1762, le Problême ſuivant :

Déterminer la direction & la forme la plus avantageuſe d'une Digue, pour qu'elle réſiſte avec tout l'avantage poſſible aux efforts des eaux, en ayant égard aux diverſes manieres dont elles tendent à la détruire.

Ce ſujet propoſé ainſi généralement comprend une des branches les plus étendues & les plus importantes de l'Architecture hydraulique. Nous nous ſommes efforcés de le traiter avec tout le ſoin qu'il mérite. Non contents de donner la ſolution théorique de chaque problême, & d'en faire l'application à la pratique, nous ſommes encore entrés dans les détails mêmes de la conſtruction. On ſent bien que ce qui concerne ce dernier objet, ne peut pas être auſſi neuf que le reſte : cependant nous croyons pouvoir aſſurer qu'on y trouvera pluſieurs choſes qu'on chercheroit vainement ailleurs.

I I.

On appelle généralement *digue* tout obſtacle oppoſé à l'effort que fait un fluide pour ſe répandre. En ce ſens, il y a des digues *naturelles* & des digues *artificielles*. On comprend aſſez qu'il ne s'agit ici que de ces dernieres ; & alors une digue eſt un ſolide formé de terre ou de pierre, de charpente ou de faſcinage, ſouvent de pluſieurs de ces matieres, ou même de toutes enſemble,

destiné à arrêter, quelquefois aussi à détourner & à rejetter d'un autre côté les eaux d'un ruisseau, d'un fleuve, ou de la mer.

Les digues prennent, relativement à leur objet & suivant les matériaux dont elles sont composées, les noms de chaussées, quais, turcies, levées, battes, glacis, reversoirs, jettées, moles, épis, batardeaux, &c; sur quoi il est bon de remarquer que plusieurs de ces dénominations sont synonimes, le même ouvrage changeant souvent de nom d'une Province à l'autre. On traitera séparément de chacune des digues qui different essentiellement par leur but & par leur construction, & on s'attachera à généraliser les méthodes de maniere qu'elles soient applicables aux especes de digues qui n'ont pas paru mériter qu'on en fît des articles particuliers.

CHAPITRE PREMIER.

Des Chaussées d'Etang.

III.

LES digues les plus simples & les plus ordinaires sont les chaussées destinées à arrêter & à faire gonfler les eaux d'un ruisseau, afin d'en former un étang.

Comme les principes pour la construction de ces sortes de digues peuvent s'appliquer à presque toutes les autres, nous les allons exposer dans le plus grand détail.

IV.

Les causes qui tendent à détruire une chaussée sont, 1°. le frottement des eaux contre son parement. 2°. Leur filtration. 3°. Leur pression. Elle résiste aux deux premieres par le choix & l'arrangement des matériaux dont elle est composée, & à la troisieme par sa pesanteur, sa forme & ses dimensions. Commençons par ce qui a rapport à la construction.

V

Lorsqu'on est à portée d'avoir de la pierre & de la chaux, & qu'un étang est destiné d'ailleurs à faire aller une usine de quelque conséquence adossée contre sa chaussée, on ne doit pas hé-

ſiter à conſtruire cette chauſſée en maçonnerie. Comme les murs de quai & les reſervoirs ſont les plus importans des ouvrages qui ſe conſtruiſent en maçonnerie pour contenir & diriger les eaux, & que ce que nous dirons de leur conſtruction peut facilement s'appliquer aux chauſſées d'étang en maçonnerie, relativement au plus ou moins de ſolidité dont elles ont beſoin, il nous a paru inutile d'entrer ici dans aucun détail à cet égard.

V I.

Les chauſſées d'étang en maçonnerie étant fort coûteuſes, ſur-tout lorſque la mauvaiſe qualité du terrein exige qu'on fonde ſur pilotis, l'uſage ordinaire eſt de faire ces chauſſées en terre avec un revêtement à pierres ſeches du côté de l'eau. La terre avec laquelle on forme les chauſſées doit être à peu près de la nature de celle des prairies. On doit ſur-tout rejetter la terre molle & fangeuſe qui prend un trop grand talut. Le ſablon fin eſt, par une raiſon contraire, ſujet au même inconvénient. Plus les terres ſe rapprochent d'un juſte milieu entre ces deux extrêmités vicieuſes, plus elles ſont propres à former une chauſſée, & en général toute eſpece de remblai. Quelle que ſoit leur qualité, il faut les répandre également & les battre à la dame par lit d'un pied d'épaiſſeur au plus. Lorſqu'elles ſont ſeches, il convient de les arroſer modérément, afin de leur faire prendre plus vîte leur taſſement.

Quand la terre que le pays fournit n'a pas une tenacité ſuffiſante pour empêcher la filtration des eaux, on met dans toute la longueur de la chauſſée immédiatement derriere le revêtement en pierres ſeches, un corroi de glaiſe marqué ABCD au profil, & qu'il faut faire entrer de 2 ou 3 pieds en contrebas du terrein naturel EF. On met un pareil corroi autour de la buſe qui ſert de décharge de fond à l'étang. La glaiſe doit être nette & bien corroyée, & ne doit ſur-tout pas être trop détrempée. Il eſt avantageux dans tous les cas de ne mettre l'eau dans l'étang que quelque tems après la perfection de la chauſſée ; mais cette précaution devient indiſpenſable, lorſqu'on ſoupçonne que le corroi a été trop delayé. FIG. 1.

On ne doit pas aſſeoir le remblai ſur le gazon EF, mais il faut labourer ou becher le terrein afin que la nouvelle terre faſſe liaiſon avec l'ancienne. C'eſt auſſi pour cela qu'un aqueduc en maçonnerie, ſous une chauſſée, eſt ſujet à moins d'inconvéniens qu'une buſe de charpente, parce que la terre ſe lie mieux avec

les inégalités de la maçonnerie qu'avec le bois. Mais lorſqu'on ſe trouve obligé de faire une buſe de charpente, ou en général de faire traverſer un corroi de glaiſe par une piece de bois, il eſt à propos de hacher & raper le bois à ſa ſuperficie. Cette précaution trop négligée juſqu'à préſent, pourra paroître minutieuſe; mais nous en garantiſſons l'importance & le ſuccès d'après notre propre expérience.

VII.

Le revêtement en pierres ſeches, qui ſe conſtruit du côté de l'étang, a pour objet de ſoutenir les terres auxquelles on ne donne pas ordinairement tout le talut qu'elles prendroient d'elles-mêmes, & il ſert d'ailleurs à les garantir du frottement occaſionné par l'agitation des eaux; il conviendroit, pour plus de ſolidité, que ſon parement intérieur fût à-plomb ſuivant la ligne BC; mais pour épargner la pierre, lorſqu'elle eſt rare, on fonde ce revêtement
Fig. 1. par redants, comme BOPR. On ſe contente même quelquefois d'un ſimple parement (Fig. 2). Mais il faut toujours aſſeoir le pied de ces revêtemens ſur le terrein ſolide, ou ſur un grillage de charpente, ſi le ſolide ſe trouve trop bas. On doit auſſi tenir les
Fig. 1 & 2. joints de lit des pierres du parement NF perpendiculaires ſur cete ligne. Il eſt bien vrai que par ce moyen l'eau s'introduit plus facilement dans la chauſſée; mais cet inconvénient eſt plus que compenſé par la ſolidité que ce genre de conſtruction donne au parement. Il faut cependant que l'aſſiſe de libages qui le porte ait ſon lit inférieur de niveau, le lit ſupérieur étant toujours perpendiculaire au talut. Le tout eſt marqué dans les figures 1 & 2.

Dans le cas où l'on auroit facilement des moilons d'un bel échantillon, ſuſceptibles par conſéquent d'être eſmillés à joints quarrés, & d'être conduits par aſſiſes égales, on peut les poſer de niveau ſur leur lit avec retraite à chaque aſſiſe, ainſi qu'il eſt
Fig. 3. marqué dans la figure 3. On voit par cette même figure qu'il faut auſſi garnir en moilon poſé à ſec le derriere de ce parement, de façon que l'épaiſſeur entiere du revêtement ſoit au moins de deux pieds & demi. Cette eſpece de conſtruction exige moins de talut que les perés blacaillés; ce qui a quelquefois ſon avantage, comme lorſque la chauſſée deſtinée en même tems à ſervir de chemin, a plus de largeur par le haut qu'il ne lui faut d'épaiſſeur pour ſoutenir la pouſſée de l'eau, mais on ne trouve pas par-tout des matériaux qui y ſoient propres.

On fortifie ſouvent le parement expoſé à l'eau & même tous les

les deux, par une rangée de pieux derriere lesquels on met de gros libages, des madriers ou des fascines. Quelquefois on se contente de revêtir le parement d'un simple fascinage. Nous aurons occasion de parler dans la suite de ces différentes constructions : il suffit pour le présent de remarquer que le parement d'une chaussée d'étang n'étant pas exposé au choc des eaux courantes, il exige communément moins de solidité que les ouvrages de même genre qui se font sur les rivieres.

VIII.

Il est indispensable pour l'écoulement du surplus des eaux de l'étang, lorsqu'il est une fois rempli, de pratiquer à un ou même à chacun des deux bouts de la chaussée, une décharge de superficie appellée communément *glacis*. Comme nous traiterons en détail des reversoirs qui se font sur les grandes rivieres, il sera aisé d'en déduire des principes de construction pour les glacis d'étang, dont la solidité doit plus ou moins approcher de celle des reversoirs des rivieres, suivant la quantité & la rapidité de l'eau qui doit y passer.

Il est toujours fort utile de paver le dessus de la chaussée & de la bomber vers son milieu, afin de faciliter l'écoulement des eaux pluviales qui détruisent beaucoup de chaussées, lorsqu'on néglige cette précaution.

IX.

Tels sont les principaux moyens qu'il faut mettre en œuvre pour lier parfaitement ensemble toutes les parties de la chaussée, de maniere qu'elles ne fassent plus, pour ainsi dire, qu'un corps continu. Examinons maintenant l'épaisseur & la forme qu'elle doit avoir pour résister à la pression des eaux. Le calcul doit être établi sur l'une ou l'autre des deux hypotheses suivantes.

1°. On peut considérer la digue comme un corps absolument continu que la pression des eaux tend à renverser, en le faisant tourner sur l'angle postérieur de sa base regardé comme fixe.

Cette maniere de considérer l'effort des eaux contre une digue, est principalement applicable à celles qui se construisent en maçonnerie, sur-tout lorsque la maçonnerie a une fois pris corps.

2°. La digue peut être regardée comme un solide inébranlable dans ses fondemens, mais qui ne résiste pas également sur toute sa hauteur, & qui tend à se diviser par tranches horizontales ; ensorte qu'il s'agit de déterminer la figure & les dimensions que

doit avoir cette même digue relativement aux différentes charges d'eau qu'elle ſoutient à différentes profondeurs.

Cette ſeconde hypotheſe convient ſur-tout aux digues qui ſeroient conſtruites entierement en terre.

On pourroit encore regarder les digues comme ne pouvant être ni rompues, ni renverſées, mais comme devant gliſſer d'une ſeule piece, de ſorte qu'elles ne demeureroient ſtables qu'en vertu de la réſiſtance occaſionnée par le frottement de leur baſe contre le ſol ſur lequel elles ſeroient poſées ; mais au moyen des précautions que nous avons indiquées (Art. VI), & de l'attention qu'on doit avoir de fonder ſolidement les digues & de les encaiſſer dans le terrein ſur lequel on les établit, il eſt entierement inutile de les conſidérer ſous ce point de vue. Cependant ſi quelque Lecteur vouloit faire ce calcul, il en viendroit facilement à bout, en obſervant qu'on auroit alors ces deux conditions à remplir. En premier lieu la force horizontale qui tend à faire reculer la digue, devroit être égale à la réſiſtance du frottement qui eſt toujours, comme on ſçait, une certaine partie de la preſſion totale que ſouffre le fond ſur lequel la digue tendroit à gliſſer. Secondement le moment de la force horizontale, par rapport à l'angle poſtérieur de la baſe ſur lequel ſe fait la rotation au premier inſtant, ſeroit égal au moment de toutes les forces verticales, par rapport au même angle. Il ſuffit d'indiquer cette méthode.

---

§. I. *Dimenſions de la Digue, dans la premiere hypotheſe.*

X.

Fig. 4 Suppoſons que FHNSE ſoit le profil de la digue regardée comme un ſolide dont toutes les parties ſont liées & continues, HK le niveau des eaux qui tendent à la renverſer en la faiſant tourner ſur le point E conſideré comme fixe ; ſoient FHN, SE des lignes quelconques droites ou courbes, mais données. Il s'agit de trouver l'épaiſſeur FE que la digue doit avoir à ſon pied, afin de n'être pas renverſée.

Il eſt évident que dans le cas où les terres au devant de la fondation du parement d'amont ne joindroient pas parfaitement ce parement, l'eau s'inſinueroit dans ce vuide & preſſeroit la digue en cet endroit ſuivant toute la hauteur de ſon niveau au deſſus du fond de l'affouillement. Ainſi, pour plus de ſûreté, il faut compter

la profondeur des eaux depuis la naiſſance de la fondation, juſqu'au niveau des plus hautes eaux.

Qu'on mene à l'axe horizontal HK les ordonnées infiniment voiſines PM, *pm*; & qu'on abaiſſe des points H & M les verticales HT, MX. Soit tirée l'horizontale ML, & ſoit élevée la verticale EL.

Suppoſons

HP	$= x$
PM	$= y$
P*p* ou MV	$= dx$
V*m*	$= dy$
M*m*	$= ds$
HT	$= a$
FT	$= f$
FE	$= z$
Le moment de l'aire FHNSE par rapport au point E	$= Z$
La peſanteur ſpécifique de l'eau	$= p$
La peſanteur ſpécifique de la digue	$= \pi$

On ſçait que chaque élément M*m* ſouffre une preſſion perpendiculaire, laquelle eſt proportionnelle à la hauteur PM. Soit repréſentée cette force par la droite RM perpendiculaire à M*m*, & ſoit décompoſée cette même force en deux autres RQ, RY, l'une horizontale, l'autre verticale. La premiere RQ eſt . . $py\,ds \times \frac{RQ}{RM}$: or les deux triangles RQM, *m*VM ayant les côtés perpendiculaires chacun à chacun, & étant par conſéquent ſemblables, on a $\frac{RQ}{RM} = \frac{Vm}{Mm} = \frac{dy}{ds}$; donc la force RQ eſt . . . $py\,ds \times \frac{dy}{ds} = py\,dy$. D'où l'on voit que cette force ſera toujours la même que la force contre V*m*, quelle que puiſſe être la courbe HF. Le moment de cette même force, par rapport au point E, eſt $py\,dy \times LE = py\,dy \times (a - y) = pay\,dy - pyy\,dy$, dont l'intégrale eſt $\frac{payy}{2} - \frac{py^3}{3}$: ſuppoſant $y = a$, il nous viendra $\frac{pa^3}{6}$ pour le

moment total de la pouſſée horizontale de l'eau par rapport au point E, & par conſéquent ce moment ſera toujours le même que le moment de la pouſſée horizontale de l'eau contre la verticale FK. La ſeconde force RY ou QM, eſt . . . .
$py\,ds \times \frac{MQ}{RM} = py\,ds \times \frac{dx}{ds} = py\,dx$. Cette force conſpire, avec le poids de la digue, à affermir cette même digue ſur ſes fondemens; & ſon moment par rapport au point E, eſt . . .
$py\,dx \times XE = py\,dx \times (z - f + x)$. Donc le moment de la pouſſée verticale entiere de l'eau, par rapport au point E, ſera $\int (z - f + x)\,py\,dx$. Lorſque cette intégration ſera effectuée, après avoir exprimé x en y à l'aide de l'équation de la courbe connue FH, il faudra ſuppoſer $y = a$, afin d'avoir le moment de la pouſſée verticale de l'eau, correſpondant à toute la hauteur HT.

Maintenant il eſt clair que le moment de la pouſſée horizontale de l'eau qui tend à renverſer la digue, doit être contrebalancé par la ſomme des momens de la pouſſée verticale de l'eau & du poids même de la digue, ou par le *moment unique* qui en réſulte. Ce moment unique conſtitue la *ſtabilité* de la digue ſur ſon pied FE. Comme il convient toujours de donner plus de ſtabilité à la digue, qu'il ne faut pour le ſimple équilibre, on n'aura qu'à multiplier par un nombre m de fois le moment de la pouſſée horizontale de l'eau, & égaler le produit à la ſomme des momens de la pouſſée verticale & du poids de la digue, ce qui donnera l'équation ſuivante.

$$(A)\ \frac{mpa^3}{6} = \int (z - f + x)\,py\,dx + \pi Z,$$

laquelle comprend tous les cas de ſtabilité; car ſi on veut, par exemple, que la ſtabilité de la digue ſoit ſuffiſante pour faire équilibre à la pouſſée horizontale de l'eau, on aura $m = 1$; ſi on veut que la ſtabilité de la digue ſoit double de la ſtabilité d'équilibre, on aura $m = 2$ &c. Nous n'avons pas beſoin de dire que Z eſt une fonction donnée de l'inconnue z.

XI.

L'équation générale (A) eſt ſuſceptible d'une infinité d'applications, ſuivant la nature des courbes qui forment les deux paremens. Elle préſente naturellement cette réflexion générale. Puiſque le moment de la pouſſée horizontale de l'eau eſt toujours le même, quelle que puiſſe être la courbure du parement

d'amont HF, & que le moment de la pouſſée verticale augmente à meſure que HF s'incline ſur la baſe FE, il eſt clair que, toutes choſes d'ailleurs égales, il eſt avantageux de donner le plus de talut qu'il eſt poſſible au parement d'amont. De cette remarque naît l'idée d'un problême curieux, lequel conſiſteroit à trouver pour HF une courbe telle que l'aire FHNSE étant un *minimum*, la ſomme des momens de cette même aire & de la pouſſée verticale de l'eau fût un *maximum*. Ce problême eſt du même genre que ceux des iſoperimetres qui ont occupé ſi longtems MM. *Bernoulli*, & pluſieurs autres Géometres. Il ſe réſoud très-aiſément par une méthode qu'on expoſera ci-deſſous dans l'article XXXVIII. Nous ne le donnons pas ici, parce que la pratique n'en ſauroit tirer aucun ſecours: nous nous bornons à la conſidération des taluts rectilignes.

X I I.

Soient NF, SE deux lignes droites inclinées à l'horizon ſous des angles donnés NFT, SEQ, & ſuppoſons que NS ſoit une ligne droite horizontale. En conſervant ici la conſtruction & les dénominations de l'article X, ſoient de plus abaiſſées les verticales NZ, SQ, & faiſons $SQ = NZ = b$, $EQ = g$, $FZ = r$; on aura FIG. 5.

$x = \frac{fy}{a}$, à cauſe des triangles ſemblables HPM, FTH;

$$\int (z - f + x) py dx = \int \frac{f}{a} \left(z - f + \frac{fy}{a} \right) py dy = \frac{pfzyy}{2a} - \frac{pffyy}{2a} + \frac{pffy^3}{3a^2}$$

$$= (\text{en faiſant } y = a) \frac{pfza}{2} - \frac{pffa}{6};$$

$$Z = (z - r - g) \times b \times \left(g + \frac{z - r - g}{2} \right) + \frac{br}{2} \times \left(z - \frac{2}{3} r \right) + \frac{bg}{2} \times \frac{2g}{3}$$

$$= \frac{bzz}{2} - \frac{brz}{2} + \frac{brr}{6} - \frac{bgg}{6}.$$

Par conſéquent l'équation générale (A) deviendra celle-ci, qui eſt du ſecond degré.

$$(B) \quad \frac{mpa^3}{6} = \frac{pfza}{2} - \frac{pffa}{6} + \frac{\Pi bzz}{2} - \frac{\Pi brz}{2} + \frac{\Pi brr}{6} - \frac{\Pi bgg}{6}.$$

Cette formule ſervira en général à déterminer la baſe z d'une digue dont les deux paremens ſont rectilignes & en talut.

Lorſque l'angle SEQ eſt droit, ou que le parement d'aval eſt vertical, on a $g = o$; & la formule devient

$$(C) \quad \frac{mpa^3}{6} = \frac{pfza}{2} - \frac{pffa}{6} + \frac{\Pi bzz}{2} - \frac{\Pi brz}{2} + \frac{\Pi brr}{6}.$$

Lorſque les deux paremens ſont verticaux, on a $r=o$, $g=o$; & la formule devient

$$(D)\ \frac{mpa^3}{6}=\frac{nbzz}{2}.$$

XIII.

Quoique nous ayons déja fait ſentir l'avantage des taluts, il ne ſera peut-être pas inutile de mettre ici la choſe dans la derniere évidence par un exemple.

Suppoſons que la plus grande hauteur des eaux ſoit de 18 pieds, que nous prenons auſſi pour la hauteur de la digue, enſorte que le point N tombe ſur le point H. Suppoſons de plus que les deux paremens ayent, ſuivant l'uſage ordinaire, chacun un talut qui ſoit $\frac{1}{6}$ de leur hauteur. Enfin ſuppoſons que les peſanteurs ſpécifiques de l'eau & de la maçonnerie ſoient entr-elles comme les nombres 7 & 12, & que la ſtabilité de la digue doive être double de celle que requiert l'équilibre. Sur toutes ces hypotheſes, on aura $a=b=18$ pieds, $r=f=g=3$ pieds, $p=7$, $n=12$, $m=2$. Par conſéquent l'équation (B) deviendra ici

$$zz-\frac{45}{36}z=\frac{4599}{36}\ \text{pieds.} = 127\ 3/4$$

D'où l'on tirera z un peu moindre que 12 pieds. Suppoſons $z=12$ pieds: la ſurface du profil ſera de 162 pieds quarrés.

Maintenant ſi les deux paremens étoient verticaux, on trouveroit que la baſe du profil, correſpondante auſſi à une ſtabilité double de celle que demande l'équilibre, ſeroit d'un peu plus de 11 pieds 2 pouces; ce qui donneroit plus de 201 pieds quarrés pour la ſurface du profil. D'où l'on voit que les deux ſurfaces des deux profils ſont entr'elles à peu près comme les nombres 4 & 5, & que par conſéquent dans le premier cas on épargne environ $\frac{1}{5}$ ſur les matériaux.

XIV.

Les calculs précédens ne laiſſent aucun doute ſur l'avantage qu'il y a à donner beaucoup de talut aux paremens des digues. Reſte à ſavoir juſqu'à quel point la pratique peut s'accorder à cet égard avec la théorie.

L'uſage pour les paremens en maçonnerie (car c'eſt de ceux-là qu'il s'agit ici), eſt de leur donner pour talut le ſixieme de leur hauteur. Les murs en aîle des ponts ſont cependant une preuve qu'on peut faire des taluts beaucoup moins roides, puiſque celui

de leur dessus est communément d'une fois & demie la hauteur de ces murs. On remédie au trop de maigreur qu'un grand talut donne à l'angle formé par le parement des pierres & leur lit inférieur, en taillant ces pierres comme la figure 6 l'indique, ou ce qui est encore mieux, en les encastrant comme il est exprimé dans la figure 7. Il en résulte à la vérité un très-grand déchet de pierres. C'est pour éviter ce déchet & pour se procurer en même tems le plus de solidité qui provient d'un grand talut, qu'on fait quelque fois des revêtemens en pierres de taille, dont les joints sont à l'équerre sur le talut du parement. Il n'y a d'inconvénient à cette espece de construction, si avantageuse du côté de l'économie, que dans le cas où la pierre seroit spongieuse & sur-tout feuilletée; car l'eau s'insinue & coule beaucoup plus facilement entre les lames du feuilletis ainsi deversées en arriere, que si elles étoient posées horizontalement. FIG. 6 & 7.

---

§. II. *Figure & dimensions de la Digue, dans la seconde hypothese.*

X V.

Dans cette hypothese, comme dans la premiere, la digue est censée arrêtée fixement par son pied, de maniere qu'elle ne puisse pas glisser : mais ici elle est composée de tranches horizontales suivant lesquelles elle peut se diviser; & il s'agit de courber le parement d'amont de maniere que les différentes tranches résistent également aux différentes forces qui tendent à les emporter. Nous supposons, pour écarter tout ce qui est étranger à la question, que le parement d'aval soit à-plomb, & que la hauteur des eaux s'éleve à la hauteur de la digue.

Soient donc HFT le profil de la digue proposée; HK le niveau des eaux; HF la courbe cherchée qui doit former le parement d'amont; la verticale HT le parement d'aval; MN*nm* une tranche horizontale infiniment mince & indéterminée, suivant laquelle la digue tend à se rompre en vertu de l'effort des eaux sur HM. FIG. 8.

Cela posé, il est clair que lorsque la digue se rompt en effet, suivant MN, la partie supérieure HMN se détache de l'inférieure MNTF en allant de M vers N, & qu'à l'instant de la rupture il se fait autour du point N un petit mouvement de rotation. Il faut donc trouver les forces qui agissent sur la tranche MN*nm* & les

mettre en équilibre autour du point N regardé comme l'appui d'un levier MNnm. Or ces forces sont,

1°. La poussée horizontale de l'eau.

2°. La poussée verticale de l'eau.

3°. Le poids de la partie HMN de la digue.

4°. L'adherence des deux surfaces MN, mn, laquelle naît de l'engrenement de leurs parties. Cette force est analogue à la résistance qu'une poutre, fixée dans un mur & pressée par un poids, oppose à sa rupture ; mais il faut bien remarquer qu'entre ces deux sortes de forces il y a cette différence que les fibres d'une poutre sont flexibles & extensibles, ce qui fait qu'elle ne résiste pas également dans toute la section suivant laquelle elle se rompt, au lieu que l'adhérence des deux surfaces MN, mn de la digue étant produite par l'engrenement de parties dures & denuées de tout ressort, doit être la même dans toute la longueur MN.

Des quatre forces dont nous venons de parler, il est évident que la premiere est la seule qui tende à renverser la partie HMN sur le point N, & qu'elle est contrebalancée par les trois autres. Cherchons donc les momens de toutes ces forces par rapport au point N. Or

Si l'on suppose
- HP ou NM . . . . $= x$
- PM . . . . $= y$
- La pesanteur spécifique de l'eau . . . . $= p$
- La pesanteur spécifique de la digue . . . . . $= \Pi$

1°. Le moment de la poussée horizontale de l'eau sera $\frac{py^3}{6}$. n°X.

2°. Le moment de la poussée verticale sera $\int pxydx$.

3°. Le moment de la partie HMN de la digue sera $\int \frac{\Pi xxdy}{2}$.

4°. La force d'adhérence étant la même dans tous les points de la droite MN, comme nous l'avons remarqué, il est visible que son moment, par rapport au point N, sera proportionnel à $x \times \frac{x}{2}$: supposant donc que sous une longueur donnée h, la force d'adhérence soit égale à un poids connu Q, & observant que comme il ne s'agit ici que de profils, ce poids Q peut être converti en une tranche quarrée d'eau qui ait pour côté la ligne connue K, le moment de la force proposée sera $\frac{pkk}{h} \times \frac{xx}{2}$, moment qui, comme l'on voit, est homogene à tous les autres.

Par

Par conſéquent on aura par les loix de l'équilibre . . . .
$\frac{py^3}{6} = \int pxydx + \int \frac{\Pi xxdy}{2} + \frac{pkkxx}{2h}$, équation d'où il faut tirer la relation entre x & y.

X V I.

En différentiant les deux nombres de l'équation, on aura

$$\frac{pyydy}{2} = pxydx + \frac{\Pi xxdy}{2} + \frac{pkkxdx}{h},$$

ou bien, en ſuppoſant pour abréger $\frac{p}{\Pi} = n$, $\frac{pkk}{h\Pi} = N$,

$$\frac{nyydy}{2} = nxydx + \frac{xxdy}{2} + Nxdx;$$

ou bien encore:

$$nyydy = xxdy + (2ny + 2N)\,xdx.$$

Soit $2ny + 2N = z$, & par conſéquent $dy = \frac{dz}{2n}$, $yy = \left(\frac{z - 2N}{2n}\right)^2$:
on aura la transformée $\frac{xxdz}{2n} + zxdx = \frac{dz}{2}\left(\frac{z - 2N}{2n}\right)^2$,
ou bien $xxdz + 2nzxdx = \frac{dz}{4n}(z - 2N)^2$.

L'équation étant ainſi préparée, on voit qu'elle ſeroit intégrable ſi n étoit $= 1$; mais comme n differe de l'unité, il s'agit de trouver une fonction de z qui multipliant toute l'équation, en rende le premier membre intégrable, car il eſt clair que le ſecond le ſera toujours, ſoit algébriquement, ſoit par les quadratures des courbes. Or on découvre par des méthodes connues, ou même par la ſimple habitude du calcul, que la fonction demandée eſt $z^{\frac{1}{n} - 1}$; ainſi multipliant tous les termes par $z^{\frac{1}{n} - 1}$, on aura

$$xxz^{\frac{1}{n} - 1}dz + 2nz^{\frac{1}{n}}xdx = \frac{z^{\frac{1}{n} + 1}dz - 4Nz^{\frac{1}{n}}dz + 4N^2z^{\frac{1}{n} - 1}dz}{4n}$$

dont l'intégrale eſt $nxxz^{\frac{1}{n}} + A = \frac{z^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)} - \frac{Nz^{\frac{1+n}{n}}}{1+n} + N^2z^{\frac{1}{n}}$; ou bien en chaſſant z, $nxx(2ny + 2N)^{\frac{1}{n}} + A = \frac{(2ny + 2N)^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)} - \frac{N(2ny + 2N)^{\frac{1+n}{n}}}{n+1} + N^2(2ny + 2N)^{\frac{1}{n}}$.

La constante A ajoutée en intégrant, doit être telle évidemment qu'on ait $y=o$, lorsque $x=o$; car alors le moment de la poussée horizontale de l'eau s'évanouit, & par conséquent les momens des autres forces doivent s'évanouir aussi.

Or cette supposition donne $A=\frac{(2N)^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)}-\frac{N(2N)^{\frac{1+n}{n}}}{n+1}+N^2(2N)^{\frac{1}{n}}$. Ainsi l'équation exacte de la courbe cherchée sera

$$nxx(2ny+2N)^{\frac{1}{n}}+\frac{(2N)^{\frac{1+2n}{n}}}{4.(1+2n)}-\frac{N.(2N)^{\frac{1+n}{n}}}{1+n}+N^2(2N)^{\frac{1}{n}}=\frac{(2ny+2N)^{\frac{1+2n}{n}}}{4.(1+2n)}-\frac{N(2ny+2N)^{\frac{1+n}{n}}}{1+n}+N^2(2ny+2N)^{\frac{1}{n}}.$$

Cette courbe, quoique d'un genre assez élevé, est très-facile à décrire, puisque les indéterminées x & y se séparent d'elles-mêmes, & que pour avoir x en y, on n'aura à résoudre qu'une simple équation du second degré qui manque même de second terme. Le nombre constant n est le rapport connu des pesanteurs spécifiques de l'eau & de la digue. A l'égard de N, sa valeur doit être déterminée par l'expérience.

Fig. 9.

X V I I.

Nous avons cru qu'on verroit avec plaisir la solution générale de ce problême; mais si on néglige la force d'adhérence qui ne fait d'ailleurs que concourir à la solidité de la digue, l'équation se simplifiera extrêmement, car alors $N=o$, & l'on a par conséquent $nxx(2ny)^{\frac{1}{n}}=\frac{(2ny)^{\frac{1+2n}{n}}}{4.(1+2n)}$ . . . . .

d'où l'on tire aisément $x=y\sqrt{\frac{n}{1+2n}}$.

Cette équation fait voir que le parement d'amont HF est une ligne droite inclinée sur sa base FT, de maniere qu'on a

$FT : HT :: \sqrt{\frac{n}{1+2n}} : 1$.

Dans les digues en terre pour lesquelles cette formule convient principalement, comme nous l'avons dit, les pesanteurs spécifiques p & π sont pour l'ordinaire entr'elles à peu près comme les nombres 7 & 10, ensorte qu'on a ici $n=\frac{7}{10}$: donc la valeur du radical $\sqrt{\frac{n}{1+2n}}$ est à très-peu près $\frac{13}{24}$; donc $FT:HT::13:24$

à peu près. D'où l'on voit que, ſuivant la théorie, le profil d'une digue en terre doit être un triangle rectangle dont la baſe ait les $\frac{13}{24}$ de ſa hauteur. C'eſt ſur quoi nous obſerverons deux choſes relativement à la pratique.

1°. Qu'un talut de moitié de la hauteur, qui ne ſuffiroit pas pour des terres abandonnées à elles-mêmes, conviendra parfaitement lorſque ce talut ſera blocaillé d'après ce que nous avons dit (Art. VII). Il n'y auroit même aucun inconvénient à l'augmenter davantage, ſi on le jugeoit à propos. Ainſi la théorie & la pratique peuvent s'accorder parfaitement enſemble.

2°. Il eſt impoſſible que le parement de derriere de la digue ſe ſoutienne à-plomb, comme nous l'avons ſuppoſé dans la ſolution du problême, & il faut, ſi on ne le blocaille pas comme celui de devant, lui donner un talut qui varie, ſuivant le degré de fluidité des terres, entre 1 fois $\frac{1}{6}$ & 2 fois leur hauteur.

Comme il ne ſuffit pas de proportionner l'épaiſſeur à la preſſion & qu'il faut encore ſe garantir des filtrations, & comme il ne convient pas d'ailleurs de terminer une digue par une crête aiguë qui ne pourroit pas ſe ſoutenir long-temps, on ne peut ſe diſpenſer de donner à la digue, à ſon ſommet, au moins deux pieds de largeur. Ce plus d'épaiſſeur & le talut du parement de derriere produiront enſemble l'excédent de réſiſtance que la digue doit avoir ſur l'effort qu'elle a à ſoutenir. On voit par là combien les chauſſées d'étang qu'on a faites juſqu'à préſent, & qui ne ſervent pas en même tems de chemin, ont trop d'épaiſſeur.

XVIII.

On obſervera, en finiſſant ce chapitre, que les chauſſées étant ordinairement chargées d'une plus grande hauteur d'eau vers le milieu qu'aux extrêmités, l'épaiſſeur, ſuivant la théorie, devroit auſſi être plus grande vers le milieu que vers les extrêmités : mais comme il y a bien des circonſtances où la commodité & l'agrément demandent que les chauſſées ayent une largeur uniforme, il faut pour lors leur donner par-tout la largeur qui a été trouvée pour la partie la plus chargée : l'inconvénient eſt d'autant moins grand, par rapport à la dépenſe, que les remblais ont toujours très-peu de hauteur dans les endroits où le calcul n'exigeroit qu'une très-petite épaiſſeur.

CHAPITRE II.

Des ouvrages qui se construisent le long des rivieres pour en garantir les berges & retenir les eaux dans leur lit.

XIX.

AVANT que de traiter en détail des différentes especes de digues exposées aux eaux courantes, nous ferons ici quelques observations générales sur les causes premieres qui rendent pour le moins inutiles, la plûpart des ouvrages de ce genre qu'on construit tous les jours à grands frais.

Tout est lié dans la nature, & ce qui est regardé comme la cause d'une chose, n'est que l'effet d'une autre cause qui a aussi la sienne. Cette dépendance se fait principalement remarquer dans les effets que les eaux d'une riviere produisent sur les bords & sur le fond de son lit. C'est toujours l'eau réfléchie qui agit, & il n'y a pas d'anse ou d'attérissement qui n'ait sa premiere cause dans une anse ou un attérissement supérieur, & toujours ainsi en remontant jusqu'au premier grain de sable qui se rencontre sur le chemin de l'eau à la sortie de la source. On ne doit pas même négliger l'examen de la partie inférieure du fleuve : il s'y trouve souvent des obstacles qui, sans contribuer aussi directement & aussi puissamment que les causes supérieures à l'incident auquel on veut remédier, y ont cependant une très-grande part.

Il ne faut pas croire pour cela qu'on ne puisse faire le moindre ouvrage sur le bord d'un fleuve, sans avoir remonté jusqu'à sa source & à celles de toutes les rivieres & de tous les ruisseaux qui s'y jettent : la nature & même les ouvrages d'art donnent souvent des points de repos auxquels on doit s'arrêter. Il seroit, par exemple, inutile de monter au-delà d'un canal formé par des rochers entre lesquels on est assuré que les eaux coulent uniformément depuis plusieurs siecles. Les murs de quai dont on revêtit les bords des rivieres qui traversent les grandes villes, & tous les autres ouvrages qui déterminent invariablement la direction des eaux à leur sortie, sont encore des points qui exemptent de pousser plus loin ses recherches. On doit seulement s'informer à ceux qui sont chargés de la direction de ces ouvrages supérieurs, s'ils n'y ont pas projetté des changemens qui, quoique légers en apparence, pourroient quelquefois rendre inutile tout ce qu'on construiroit au-dessous.

Ces considérations prouvent suffisamment combien il est de l'intérêt de ceux qui ont à se défendre des eaux, de ne pas s'en rapporter à des Praticiens bornés qui ne portent pas la vue au-delà de l'endroit sur lequel on les consulte. Mais l'objet est encore d'une bien autre importance pour l'Etat, parce que tous ces ouvrages qui n'ont aucune liaison, ni aucun rapport les uns avec les autres, deviennent presque toujours autant d'obstacles à une navigation qui porteroit l'abondance dans tout le Royaume, & une nouvelle vie dans des Provinces entieres qui languissent faute de commerce.

SECTION I. *Des Murs de Quai.*

X X.

Il est certain qu'un bon mur de quai est l'obstacle le plus puissant qu'il y ait à opposer à la fureur des eaux, & que la meilleure maniere de fixer le lit d'un fleuve, est de l'enfermer entre deux de ces murs construits en bonne maçonnerie, revêtus en pierres de taille, établis solidement sur le ferme ou sur pilotis, & élevés au dessus des plus grandes crues.

La direction des murs de quai dépend souvent des circonstances locales, comme de la largeur des rues & de l'étendue des places qu'on veut conserver ou former au derriere, quelquefois même de la connoissance qu'on a du fonds du fleuve, car il y a souvent des langues de terrein ferme sur lesquelles on peut fonder beaucoup plus solidement & à bien moins de frais que sur d'autres très-mouvantes qui n'en sont pas pour cela fort éloignées. Mais toutes choses égales d'ailleurs, on doit, autant qu'on le peut, placer les murs de quai parallelement au fil de l'eau, parce qu'alors ils n'ont rien à souffrir de la part du choc de l'eau.

X X I.

La distance entre ces murs, c'est-à-dire la largeur du lit, doit être telle que dans les grandes crues, il n'en résulte aucun retardement qui fasse gonfler les eaux, & pour cela il faut tenir le débouché au moins aussi grand que celui des ponts au dessous, afin que les eaux s'écoulant aussi promptement qu'il est possible, ne refluent pas sur les quais & dans les rues par les ports & par les ouvertures qu'on fait aux murs de quai pour le passage des eaux étrangeres qui viennent se jetter dans la riviere.

Quelquefois les rivieres qui traversent les villes s'y partagent en

plusieurs bras, dont l'un plus profond que les autres sert à la navigation lors des basses eaux, pendant que ces derniers sont presqu'à sec. Mais s'il n'y avoit qu'un bras, & que l'eau, lorsqu'elle est basse, ne s'y trouvât pas assez profonde pour être navigable, il
Fig. 10. conviendroit de la resserrer par un faux mur de quai FAD. Dans le cas où le massif FADE deviendroit si considérable qu'il intercepteroit le passage à une trop grande quantité d'eau lors des crues, on peut faire un second canal FELI, & se contenter d'une digue LIAD. Cette espece de digue rentre dans la classe des jettées dont nous traiterons dans le troisieme Chapitre.

XXII.

Lorsqu'un mur de quai, ou en général tout ouvrage construit sur une eau courante, a son parement parallele au fil de l'eau, il ne souffre rien de son choc, comme nous l'avons déja dit, & il n'éprouve de plus que les chaussées d'étang, qu'un nouveau frottement occasionné par le mouvement de translation des eaux: mais lorsque le parement est exposé au courant, il souffre encore de plus le choc de ce courant. Toutes ces causes de destruction exigent qu'on donne aux ouvrages de ce genre plus de solidité qu'aux chaussées d'étang. Nous en prescrirons les moyens, lorsque nous aurons déterminé l'épaisseur que doivent avoir les murs de quai, en ayant égard tout à la fois à la pression, & au choc des eaux; & comme on sait déja faire entrer dans le calcul la pression des eaux, il ne reste plus qu'à expliquer ce qui regarde le choc.

XXIII.

Nous supposerons que toutes les molécules de l'eau se meuvent suivant des directions paralleles entr'elles, & avec la même vîtesse. Ces deux hypotheses ne sont pas vraies en rigueur; mais elles peuvent être admises sans craindre aucune erreur sensible dans la pratique.

Fig. 11. Soient CDFH la face du mur qui rencontre le lit de la riviere suivant DF, & qui est frappée par l'eau suivant la direction oblique RB; HFES la coupe verticale du mur élevée sur l'horizontale FE perpendiculaire à l'horizontale DF. Supposons que la hauteur des eaux, dans le tems des grandes crues, s'éleve à la hauteur entiere HT du mur, & que les deux paremens HF, SE ayent le même talut.

Cela posé, il est démontré que lorsqu'un fluide frappe oblique-

ment un plan, l'impulſion qui en réſulte perpendiculairement contre ce plan, eſt en raiſon composée du plan, du quarré de la vîteſſe du fluide, & du quarré du ſinus de l'angle d'incidence du même fluide ſur le plan. Or ſi d'un point quelconque R du filet RB, on abaiſſe ſur le plan CDFH la perpendiculaire RX, & qu'on mene dans le même plan la droite XB qui rencontre RB au point B, il eſt viſible que prenant le ſinus total pour l'unité, le ſinus de l'angle d'incidence du fluide ſur la face du mur, ſera exprimé par $\frac{RX}{RB}$; donc en nommant V la vîteſſe de l'eau, le choc perpendiculaire contre FH ſera proportionnel à $FH \times V^2 \times \frac{\overline{RX}^2}{\overline{RB}^2}$.

Soit mené, ſuivant la direction du filet RB qu'on peut regarder comme horizontal, un plan horizontal qui rencontre la face du mur ſuivant l'horizontale AB, & par la droite RX ſoit mené un plan LKM*m*, auquel la droite AB ſoit perpendiculaire, & qui rencontre le plan horizontal paſſant par RB & par AB, ſuivant RO, & la face du mur ſuivant OX. Il eſt clair que l'angle ROX eſt égal à l'angle HFT du talut du parement d'amont, puiſque les droites RO, XO ſont évidemment perpendiculaires au même point O de l'horizontale AB. Or on a $RX = RO \times fin.\ ROX = RO \times fin.\ HFT$, & $RB = \frac{RO}{finus\ RBO}$; donc $\frac{RX}{RB} = fin.\ HFT \times fin.\ RBO$; donc le choc contre HF ſera encore proportionnel à . . . $FH \times V^2 \times (fin.\ HFT)^2 \times (fin.\ RBO)^2$.

Soient	La verticale HT *ou* SQ	$= a$
	FT	$= f$
	EQ	$= g$
	FH	$= \sqrt{aa + ff} = c$
	Le ſinus total	$= 1$
	Le ſinus de l'angle HFT	$= \frac{a}{c} = q$
	Le ſinus de l'angle RBA	$= r$
	L'épaiſſeur FE du mur à ſon pied	$= z$
	La peſanteur ſpécifique de l'eau	$= p$
	La peſanteur ſpécifique du mur	$= n$

Suppoſons de plus que ſous une vîteſſe donée *v*, l'impulſion *directe* de l'eau contre une ligne donnée K ſoit égale à un poids connu Q : l'impulſion qui réſulte perpendiculairement contre FH ſera $= \frac{QcV^2q^2r^2}{Kv^2}$.

Comme tous les points de la droite HF souffrent des chocs égaux, la force $\frac{QcV^2q^2r^2}{Kv^2}$ doit être imaginée réunie au point P, milieu de HF. Qu'on prenne PV perpendiculaire à HF pour représenter cette force, & qu'on la décompose en deux autres PN, PZ, l'une horizonrale, l'autre verticale; la premiere sera $=\frac{QcV^2q^2r^2}{Kv^2}\times\frac{a}{c}=\frac{QaV^2q^2r^2}{Kv^2}$; la seconde $=\frac{QcV^2q^2r^2}{Kv^2}\times\frac{f}{c}=\frac{QfV^2q^2r^2}{Kv^2}$. Il évident que la force PN tendra, ainsi que la poussée horizontale de l'eau qui naît de la pression, à renverser le mur sur le point E, & que la force PZ tendra, ainsi que le poids du mur & la poussée verticale de l'eau qui naît de la pression, à affermir le même mur sur son pied FE. Or on a trouvé (Art. XII), que le moment de la poussée horizontale de l'eau par rapport au point E $=\frac{pa^3}{6}$; que le moment de la poussée verticale $=\frac{pfza}{2}-\frac{pffa}{6}$; qu'enfin le moment du poids du mur $=$ (à cause qu'on a ici $b=a$, $r=f$) $\frac{\Pi azz}{2}-\frac{\Pi afz}{2}+\frac{\Pi aff}{6}-\frac{\Pi agg}{6}$.

Par conséquent, en supposant que le mur doive avoir une stabilité multiple un nombre m de fois de la stabilité que demanderoit le simple équilibre, & ayant égard aux bras de levier des forces PN, PZ, on aura l'équation

$$(E)\ \frac{mpa^3}{6}+\frac{mQa^2V^2q^2r^2}{2Kv^2}=\frac{pfza}{2}-\frac{pffa}{6}+\frac{\Pi azz}{2}-\frac{\Pi afz}{2}+\frac{\Pi aff}{6}-\frac{\Pi agg}{6}+\frac{QfV^2q^2r^2}{Kv^2}\times\left(z-\frac{f}{2}\right),$$

par le moyen de laquelle on déterminera l'inconnue z.

XXIV.

Appliquons cette formule à un exemple. Supposons la hauteur HT ou SQ $=18$ pieds, chacun des taluts FT & QE $=3$ pieds, l'angle ROB (que fait la direction du courant avec le mur, mesuré horizontalement) $=45^\circ$; la vîtesse de l'eau de 4 pieds par seconde; & comme ci-dessus, la pesanteur spécifique de l'eau $=7$, tandis que celle du mur $=12$.

Nous prenons pour principe d'expérience que l'impulsion directe de l'eau ordinaire de riviere pesant 70 livres le pied cube, & mue avec une vîtesse d'un pied par seconde, contre un plan d'un pied quarré en surface, est égale à un poids d'une livre trois onces, ou de $\frac{19}{16}$ onces. Soit converti le poids Q (qui n'est qu'une tranche, parce qu'il ne s'agit ici que de profils), en un rectangle

d'eau

d'eau qui ait un pied de base, & par conséquent pour hauteur $\frac{\frac{19}{16}}{70}$ pied : on aura $Q = p \times 1$ pied $\times \frac{19}{16 \times 70}$ pieds, $K = 1$ pied.

Sur toutes ces considérations, on aura $a = 18$ pieds, $f = g = 3$ pieds, $p = 7$, $\Pi = 12$, $\frac{V^2}{v^2} = 16$, $\frac{QV^2}{Kv^2} = p \times \frac{19}{16 \times 70} \times 16$ pieds $= \frac{7 \times 19}{70}$ pieds, $q^2 = \frac{36}{37}$, $r^2 = \frac{1}{2}$. $m = 2$

Substituant toutes ces valeurs dans la formule (E), & supposant que la stabilité doive être double de celle que demanderoit l'équilibre, on trouvera que l'inconnue z est d'un peu plus de 12 pieds.

On a trouvé (Art. XIII), en n'ayant égard qu'à la simple pression, que l'épaisseur z étoit un peu au dessous de 12 pieds ; ainsi dans l'hypothese présente, le choc n'ajoute que très-peu de chose à l'épaisseur que demanderoit la simple pression. Cela ne doit point surprendre. Le talut fait que le choc est employé en partie à affermir le mur sur son pied. Il peut même se faire que dans le cas du choc & de la pression, il faille moins d'épaisseur que dans le cas de la simple pression, comme il est évident à la seule inspection de la formule (E).

X X V.

La pression & le choc des eaux ne sont pas les seuls efforts que les murs de quai ayent à soutenir : ils sont encore pressés, en un sens contraire, par les terres contiguës à leur parement intérieur. C'est pourquoi il est essentiel de calculer aussi leur épaisseur relativement à cette derniere force, & de proportionner cette épaisseur à la plus puissante des deux causes opposées qui tendent à les renverser. Nous disons *la plus puissante*, car il ne suffiroit pas de déterminer cette épaisseur relativement à l'excès de la plus grande sur la plus petite, tant parce que les terres ne joignent pas toujours exactement le derriere des revêtemens, que parce que lorsqu'elles y sont toujours contiguës, c'est une force qui agit continuellement, au lieu qu'il y a bien des saisons où l'eau ne vient qu'au pied du mur, & où par conséquent la poussée des terres a tout son effet sans éprouver aucune réaction de la part de l'eau.

X X V I.

Quoique nous ayons supposé dans le problême de l'article XXIV, que le profil du mur étoit le même sur toute sa longueur,

rien ne sera si facile que d'appliquer la solution aux murs qui ont des contre-forts

Nous observerons, par rapport à la figure de ces contre-forts,

Fig. 12. qu'ils doivent être rectangulaires, comme EFGH, dans le cas où il y auroit égalité parfaite entre la poussée des terres & celle de l'eau ; que dans celui où la poussée de l'eau excéderoit celle des terres, il faut les faire en trapezes ILMN, suivant l'usage ordinaire ; & qu'enfin dans le cas où la poussée des terres excéderoit celle de l'eau, il faudroit les faire en queue d'aronde, comme OPQR. Cette derniere forme est celle qui convient aux contre-forts des murs de terrasse. L'usage contraire est vicieux : car il est évident qu'un mur acquiert plus de stabilité à mesure que son centre de gravité s'éloigne du point sur lequel il faudroit qu'il tournât pour être renversé. Quant à la distance qu'il doit y avoir entre les contre-forts, & au rapport de leurs dimensions à celles du mur, nous pensons qu'il faut les faire saillir en dehors du mur de toute l'épaisseur de ce mur à sa base, donner cette même épaisseur entiere au collet OR de la queue d'aronde, le double à sa grande face PQ, & les espacer au collet de maniere qu'il y ait entr'eux deux fois la largeur de ce collet.

L'avantage des contre-forts est fondé sur ce que les terres ne pressent pas suivant les mêmes loix que les fluides, & sur l'hypothese que les matériaux, dont le mur est composé, sont assez bien liés entr'eux, pour qu'il ne puisse pas se rompre entre deux contre-forts voisins. Ceci nous conduit naturellement à l'exposition des différentes manieres de construire les murs de quai relativement à la fatigue qu'ils doivent éprouver, & à la qualité du terrein sur lequel on est obligé de les établir.

XXVII.

La figure 13 représente le plan & le profil d'un mur de quai fondé sur le roc avec une crêche ou ris-berme AB en pierres de taille, ce qui est la meilleure construction, lorsque ces ris-bermes doivent être alternativement exposées à l'eau & à l'air. Le profil fait voir comment l'assise inférieure du parement doit être encastrée dans les dalles de la ris-berme, & l'on voit sur le plan que ces dalles ont leurs joints taillés en queue d'aronde.

La figure 14 représente encore le plan & la coupe de la partie inférieure d'un mur de quai, mais avec une ris-berme de charpente sur pilotis & avec palplanches. On emploie cette construction dans les terreins d'une consistence médiocre. Le linteau

A eſt fort utile: outre qu'il fixe & retient la queue des madriers, il prévient les dégradations que les Mariniers font ordinairement au pied des murs avec leurs crocs & ferets. Fig. 15.

Quand le fond, ſans être de roc, a cependant une certaine ſolidité, on peut ſe contenter d'un ſeul rang de pilots, comme dans la figure 15, où la ris-berme n'eſt d'ailleurs que pavée à ſec; car le pavé en ciment revenant ſouvent preſqu'auſſi cher que des dalles en pierres de taille, cette derniere conſtruction doit communément être préférée lorſqu'on veut faire la dépenſe du ciment.

Si le fond étoit tout à fait mauvais, il faudroit multiplier les pilots & en mettre ſous tout le mur. On les met quelquefois même tant plein que vuide, & on prétend ſouvent par ce moyen pouvoir ſe paſſer du bordage de palplanches. Ce bordage eſt cependant le meilleur & même le ſeul moyen de garantir une fondation des affouillemens. Pour le rendre plus ſolide, on taille les joints des palplanches de maniere qu'elles s'encaſtrent l'une dans l'autre (fig. 16): ce qui eſt une très-grande ſujétion, & ſuppoſe d'ailleurs, pour réuſſir parfaitement, un terrein bien doux. On redouble auſſi quelquefois ce bordage, & dans ce cas il faut avoir attention, comme on le voit (fig. 17), de mettre toujours plein ſur joint.

XXVIII.

Dans les pays où la pierre eſt rare & le bois commun, il eſt d'uſage de revêtir les quais entierement en charpente. Comme on trouve dans les Livres d'Architecture Hydraulique différentes manieres d'aſſembler cette charpente, nous nous contenterons d'indiquer par un plan & un profil (fig. 18), la conſtruction la plus ordinaire de ces ſortes de quais, & nous nous bornerons à deux remarques.

La premiere, c'eſt que les pieces de bois dont les extrêmités s'aſſemblent à tenon, ſont ſujettes, lorſqu'elles ſont fortement preſſées par l'eau ou par toute autre cauſe, à ſe fendre ſur leur épaiſſeur, ainſi que les lignes *a b* l'indiquent dans la fig. 19. On ne peut prévenir cet incident qu'en embraſſant chacune des extrêmités de ces pieces avec une frete de fer *c d* (fig. 20).

La ſeconde remarque eſt, qu'on ne doit pas, par une économie mal entendue, ſe diſpenſer de peindre ou gaudronner les bois qui ſont alternativement expoſés à l'air & à l'eau. Il ne faut pas non plus négliger de mettre dans les enduits des drogues & matieres propres à éloigner ou détruire les différentes eſpeces de vers qui

s'attachent au bois, ſuivant ſa nature & le climat. Il eſt auſſi très-bon d'enduire les tenons & même l'intérieur des mortaiſes; mais tout bois qu'on deſtine ainſi à être enduit à ſa ſurface, doit être bien ſec avant cette opération, ſans quoi il s'échaufferoit & ſe pourriroit intérieurement, & l'on s'exposeroit à voir manquer tout-à-coup un ouvrage qui avoit l'apparence de la plus grande ſolidité.

SECTION II. *Des Turcies & Levées.*

X X I X.

On comprend communément ſous ce nom les ouvrages qui ſe font le long de l'*Allier*, du *Cher*, & de la *Loire*, pour préſerver de l'inondation les riches campagnes ſituées ſur les bords de ces rivieres.

On ſent que des murs de quai rempliroient parfaitement cet objet; auſſi y en conſtruit-on beaucoup. Mais on ne peut qu'applaudir aux vues d'économie qui ont fait chercher à y ſuppléer par différentes eſpeces d'ouvrages tous relatifs à la différente fatigue qu'ils doivent eſſuyer, & à d'autres circonſtances locales. On ſe contente donc fort ſouvent de levées en terre bien battue lit par lit, gazonnées du côté de la campagne, & revêtues du côté de l'eau par des glacis en pierres d'échantillon (fig. 21), ou par de ſimples perés en blocaille (fig. 22). Comme les blocaillemens ainſi exposés à l'eau courante, ſont plus fatigués que ceux des chauſſées d'étang, on leur donne plus de talut, & on les fortifie par des chaînes AB qu'on conſtruit avec le plus beau moilon dont on fait auſſi l'aſſiſe inférieure AA, & la ſupérieure BB.

Souvent auſſi on garantit le pied des terres par un rang de pilots (fig. 23), ce qu'on appelle *peré* avec *battis*, ou par une crêche (fig. 24). On voit que les crêches ſont aſſez communément des ouvrages faits après coup contre le pied d'un mur de quai, d'un glacis, ou d'un peré; car dans un ouvrage qu'on feroit entierement à neuf, une ris-berme liée avec le mur ou avec le revêtement eſt toujours préférable à une crêche qui ne ſeroit que plaquée.

X X X.

Lorſque la riviere, dont on veut contenir les eaux dans leur lit par des levées, reçoit quelque autre riviere ou quelque ruiſſeau, on pratique dans ces levées des ponts ou des aqueducs d'une ouverture proportionnée au courant qui y doit paſſer. Mais pour

empêcher que lors des crues, les eaux de la principale riviere ne refluent dans les campagnes par ces ouvertures, il faut y placer des portes busquées que le gonflement des eaux de la même riviere retient fermées, jusqu'à ce que les eaux affluentes devenues supérieures, les fassent ouvrir par leur propre poids.

Dans le cas où les crues d'été, dont on veut se préserver, seroient constamment moins hautes que les grandes eaux d'hiver, qui peuvent fertiliser les campagnes par les dépôts qu'elles y laissent, on peut couper les levées par des reversoirs, dont la surface supérieure soit au dessus des crues d'été, mais au dessous de celles d'hiver, ce qui diminuera la hauteur des eaux que les digues auront à soutenir dans cette derniere saison. Mais la construction de ces reversoirs demande la plus grande attention ; lorsque leur hauteur est considérable, & sur-tout lorsqu'on néglige d'en entretenir les jouées, il peut en résulter des accidens sans nombre.

SECTION III. *Des Revêtemens en fascinage.*

XXXI.

Les revêtemens en fascinage qu'on construit le long d'une berge, & auxquels on donne quelquefois improprement le nom d'*épis*, trouvent ici naturellement leur place.

Tout ce que nous avons dit sur l'emplacement & la direction des murs de quai, s'applique aux revêtemens en fascinage. Quant à l'épaisseur de ces revêtemens, comme ils ne sont faits que pour garantir & non pour soutenir les berges, & qu'ils tirent leur force de leur contexture bien plus que de leur pesanteur, c'est un objet entierement étranger au calcul. Cette épaisseur est ordinairement de 9 pieds par le haut, & dépend pour le surplus du talut qu'on veut donner au parement extérieur. L'usage est de donner à ce talut entre une fois & une fois & demie sa hauteur.

On trouve dans l'Architecture Hydraulique de M. *Belidor*, le détail de la construction intérieure de ces sortes d'ouvrages. Ainsi nous nous contenterons d'observer en général, qu'on les affermit par des enracinemens en culées A, & par d'autres en contreforts B (fig. 25) ; que les fascines de leurs fondations CC (fig. 26, 27 & 28) doivent être placées parallélement au parement, celles des tunes DD à l'équerre sur les premieres, & enfin que le gravier, dont on recouvre chaque tune, doit être retenu par des clayons entrelacés autour de forts piquets qu'on enfonce assez avant pour qu'ils traversent au moins deux fascines.

FIG. 25, 26, 27 & 28.

Fig. 29. Nous ajouterons que dans le cas où un bâtiment B (fig. 29), placé à la tête d'une isle, empêcheroit d'y faire l'enracinement par lequel il faut toujours commencer un revêtement en fascinage, & forceroit de le conduire contre l'eau, il paroît indispensable de battre une file de pieux DDD sur la ligne du parement de la fondation avant que de la lancer à l'eau. Cette file de pieux seroit très-utile, même dans les cas ordinaires, parce qu'en la couronnant d'un chapeau, on pourroit, à l'aide de quelques pieces de bois appuyées par un bout sur ce chapeau & par l'autre dans la berge, soutenir à flot le bout de la fondation autant de tems qu'on le jugeroit nécessaire ; car on sait qu'on ne peut procurer à ces sortes d'ouvrages la bonne liaison qui leur est si essentielle, qu'en se rendant maître des fondations & des premieres tunes, de maniere qu'elles ne s'enfoncent que successivement & à mesure qu'elles se perfectionnent.

XXXII.

Lorsque le lit du fleuve, à l'endroit qu'on veut revêtir en fascinage, est beaucoup plus bas que le fond des excavations destinées à recevoir les enracinemens, il est impossible qu'il ne reste pas du vuide sous la partie du fascinage que l'on plie pour le faire convenir à ces deux différentes profondeurs. Cet inconvénient mérite que nous proposions un moyen d'y remédier. Ce moyen consisteroit à draguer le fond du fleuve bien de niveau dans cette partie, & à y faire échouer une givée ABCD, de maniere que son
Fig. 30. dessus affleure le fond des excavations AEHI, FNLD destinées à recevoir les enracinemens. On fixeroit ensuite cette givée sur le fond du fleuve, en la lardant de pilots battus au refus, après quoi on feroit le fascinage à l'ordinaire, mais avec beaucoup plus de facilité, parce qu'il se conduira toujours de niveau. Ce sera d'ailleurs une bonne précaution d'en affermir les extrêmités par des attérissemens que deux petits épis M & O placés, l'un à l'amont, l'autre à l'aval, ne peuvent manquer d'y former. Un plus grand détail nous écarteroit trop de notre sujet. C'est aussi pour cette raison que nous ne donnerons que les desseins sans aucune explication d'un petit tunage sans fondation (fig. 31), & d'un simple revêtement en fascinage (fig. 32).

XXXIII.

Nous ne croyons pas devoir quitter les murs de quai, & les autres ouvrages par lesquels on y supplée, sans dire un mot des

moyens encore plus ſimples dont on ſe ſert communément pour empêcher une riviere & un ruiſſeau de ruiner ſes berges. L'uſage le plus général eſt de planter des ſaules nains & des oſiers tout le long, & ſur-tout au pied de la berge qu'on veut conſerver. Ce moyen qui eſt très-avantageux pour celui qui l'employe, eſt très-nuiſible au riverain oppoſé; & lorſque celui-ci prend le même parti, ce qui arrive ſouvent, c'eſt alors le Public qui en ſouffre. Le lit devient ſi étroit, que les héritages ſupérieurs ſont inondés à la moindre crue, & que les eaux s'ouvrent ſouvent un nouveau lit, ce qui eſt la ſource d'une infinité de dégradations & de conteſtations.

Le vrai moyen d'obvier à tous ces inconvéniens ſeroit de fixer une largeur de lit d'après l'inſpection des lieux, & d'après des informations exactes ſur les crues d'eaux, auxquelles la riviere eſt ſujette; de faire mettre enſuite toutes les berges en talut de deux pieds pour pied, & d'obliger tous les riverains à entretenir ces taluts, chacun vis-à-vis ſon héritage. La moindre attention ſuffit pour voir qu'il n'y a rien de ſi facile que de réparer la dégradation H du talut CD, pendant qu'il eſt impoſſible de remédier à la ſappe G qui entraîne néceſſairement, peu de tems après, la chûte de toute la maſſe GAI. FIG. 35.

CHAPITRE III.

Des Jettées.

XXXIV.

Les digues maritimes doivent tenir le premier rang parmi celles de cette eſpece; mais l'Académie ayant principalement en vue celles qui ſe conſtruiſent ſur les rivieres, nous nous contenterons de quelques obſervations ſur les premieres.

L'extrême profondeur de la mer, ſes courans, ſon flux & reflux dans les endroits où elle y eſt ſujette, & ſur-tout les gros tems, ſont autant de cauſes qui exigent encore plus de précautions & de ſolidité dans la conſtruction des ouvrages maritimes que dans ceux qui ſe font communément ſur les rivieres. Mais beaucoup de rivieres ſe jettant dans la mer, on ſent qu'il eſt difficile de fixer le point où les ouvrages commencent à être réputés maritimes. Nous ne nous arrêterons pas à une telle re-

cherche. Ces lignes de ſéparation, impoſſibles peut-être à tirer, entre les productions de la nature, ne ſont quelquefois pas plus aiſées à ſaiſir entre les différentes branches des arts. L'inconvénient, s'il y en a, eſt plus que compenſé par la généralité que cet enchaînement donne aux principes. Tout ce que nous avons dit, & tout ce que nous dirons des digues qui ſe font le long & au milieu des rivieres, peut donc facilement s'appliquer aux digues maritimes. On conſtruit en effet celles-ci comme les premieres en bonne maçonnerie, en pierres ſeches & même à pierres perdues, en charpente, en faſcinage, &c. On obſerve ſeulement, lorſqu'on le croit néceſſaire, de les rendre plus ſolides en augmentant leurs dimenſions principales & celles des matériaux dont elles ſont compoſées, & ſur-tout en redoublant les revêtemens de palplanches, comme nous l'avons dit (Art. XXVII), & en encaſtrant les pierres les unes dans les autres, tant pour les joints montans, que pour ceux de lit, comme il eſt marqué (fig. 34, A).

Quelquefois encore, on redouble le parement en pierre de taille (fig. 34, B). Enfin on relie les pierres, comme on le voit dans la même fig. avec des crampons & des goujons de fer ſcellés en ciment ou en plomb. Les fers ſcellés en ciment font quelquefois fendre la pierre en ſe rouillant. On la fend auſſi très-ſouvent en coulant le plomb, lorſqu'elle n'a pas encore jetté toute ſon eau. La bonne qualité de la pierre, la groſſeur des blocs, & la préciſion de l'appareil exemptent dans bien des cas d'avoir recours aux crampons & aux goujons, & on les a ſupprimés pour tous les grands ouvrages qui ont été nouvellement faits dans le département des ponts & chauſſées. Il ne paroît cependant pas qu'on puiſſe les exclure entierement des ouvrages maritimes, principalement de ceux qui ſont alternativement expoſés au flux & au reflux. Comme on ne peut dans ce cas travailler que par intervalles, on eſt obligé, pour ne pas perdre en marée haute ce qu'on a fait en marée baſſe, de donner une ſolidité de détail qui devient ſouvent inutile lorſque l'ouvrage eſt entierement achevé.

Une maniere de bâtir beaucoup plus en uſage dans les ports de mer, & principalement ſur ceux de la Mediterranée, que ſur les rivieres, où l'on s'en ſert cependant quelquefois, eſt la conſtruction par caiſſons ou par *encaiſſement*. Les bornes de ce mémoire ne permettant pas d'entrer dans de grands détails à ce ſujet, nous nous contenterons de dire que cette maniere de bâtir conſiſte à faire échouer préciſément aux endroits où l'on doit établir l'ouvrage, de grandes caiſſes de charpente bien étanches. Cela ſe fait

fait en y laiſſant entrer l'eau par une vanne pratiquée à cet effet, après quoi on referme cette vanne & on épuiſe l'eau, ce qui donne la facilité de travailler à ſec dans la caiſſe. Quelquefois on n'introduit point l'eau dans le caiſſon pour le faire échouer, & il s'enfonce ſucceſſivement de lui-même à meſure qu'on le remplit de maçonnerie. Il y a eu des ouvrages où les caiſſons ſont reſtés dans l'eau après la conſtruction, mais plus communément on aſſemble les flancs des caiſſons de maniere qu'ils puiſſent ſe démonter après que la maçonnerie eſt achevée, & on les fait ſervir ſucceſſivement à pluſieurs caiſſons. On ſent toutes les précautions & l'intelligence qu'exige un pareil travail, principalement pour relier enſemble la maçonnerie des caiſſons ſucceſſifs, & ſur-tout combien il eſt eſſentiel de ne laiſſer échouer ces caiſſons que ſur un fond dragué bien de niveau, & après en avoir enlevé toutes les boues, vaſes & autres matieres de peu de conſiſtance. Les machines inventées nouvellement pour réceper de niveau les pilots à telle profondeur ſous l'eau, qu'on le juge à propos, donnent un nouveau degré de perfection à la conſtruction par encaiſſement, qui eſt de la plus grande utilité dans les endroits où il ſeroit trop coûteux, ſouvent même impoſſible de conſtruire des batardeaux.

Quant à l'emplacement & à l'alignement des jettées & des moles, on doit principalement avoir égard à l'étendue qu'on veut donner aux ports & aux rades, à la diſtance entre les vives eaux & la baiſſe de la baſſe mer, à la direction des courants, & ſur-tout aux différens rhumbs de vent qui regnent dans les parages où l'on travaille. La profondeur de l'eau & la qualité du ſol ſont encore des objets qui méritent la plus grande attention, & l'on voit facilement que, toutes choſes égales d'ailleurs, il faut choiſir l'endroit le moins profond & le terrein le plus ſolide. Paſſons aux jettées qui ſe conſtruiſent ſur les rivieres.

X X X V.

Le but des jettées qu'on conſtruit ſur les rivieres eſt d'en reſſerrer le lit, quelquefois pour les rendre navigables, mais plus ſouvent pour ménager la dépenſe des eaux & les employer à faire tourner une uſine.

La plus ſimple de ces jettées ſe conſtruit entre deux iſles, telle eſt AB (fig. 35). Le peu de largeur de l'entrée FG du bras FGHI eſt principalement ce qui occaſionne dans le bras DCE, & même au deſſus, le gonflement dont on a beſoin pour l'entretien du moulin C; de ſorte que ſi la berge G étoit tendre & par conſé- Fig. 35.

quent facile à ronger, cette entrée FG s'élargiroit en très-peu de tems, ce qui rendroit la jettée AB entierement inutile.

Les jettées, telles que celle PQ (appellées battes dans quelques Fig. 36. provinces), qu'on conſtruit ſur beaucoup de rivieres navigables, ſont ſujettes au même inconvénient; & c'eſt pour y remédier, autant que cela eſt poſſible, que les Meûniers ſont dans l'uſage de les prolonger toujours de plus en plus.

Quelque défectueuſes que ſoient ces jettées relativement à l'objet qu'on ſe propoſe en les conſtruiſant, & quelque préjudiciables qu'elles ſoient communément à la navigation, comme on en fait cependant beaucoup, & que ce que nous dirons de leur conſtruction peut s'appliquer à d'autres eſpeces de digues, & principalement à celles qui ſe font ſur les ruiſſeaux & ſur les petites rivieres non navigables, nous allons entrer dans quelques détails à ce ſujet.

XXXVI.

La plupart des battes ne ſont compoſées que de deux files de pilots en grume, eſpacés tant plein que vuide. On couronne chaque file d'un chapeau aſſemblé, ou ſeulement chevillé ſur les pilotis; & tout l'eſpace entre les deux files, après avoir été dragué ſur environ un pied de profondeur, eſt rempli en moilons du pays, dont on range les plus gros à la main, joignant les pieux. L'aſſiſe ſupérieure doit auſſi être rangée à la main en forme de pavé, ainſi Fig. 37. que l'indique la fig. 37. Quelquefois même on ſupprime les chapeaux ſur les pilots, & on ſe contente de jetter la pierre au haſard ſans la ranger à la main; comme dans ce cas les pilots n'ont guere que 4 à 5 pouces de diametre, on les bat à la mailloche tant plein que vuide. Souvent on y apporte encore moins de précaution; mais ces ſortes de petits ouvrages ne méritent pas la peine que nous nous y arrêtions.

On pourroit, relativement à ce qui a été dit dans les deux premiers Chapitres, faire les paremens en talut & incliner par conſéquent les deux files de pieux l'une vers l'autre: telles étoient les grandes jettées de Dunkerque; mais pour les jettées & battes ordinaires, on peut s'en tenir à ce que nous venons de preſcrire, ou ſi l'on vouloit plus de ſolidité, à ce qui eſt exprimé par la Fig. 38. fig. 38; on y a fait un côté avec pal-planches battues derriere des pieux équarris, & l'autre avec un ſimple vannage appuyé ſur des pilots ronds. Cette derniere conſtruction, qui eſt moins ſolide que l'autre, eſt cependant pour l'ordinaire plus que ſuffiſante.

Souvent on ſe contente de garnir le derriere des pilots avec des ſauciſſons, des faſcines, & même avec de ſimples clayes.

Les entre-toiſes DC aſſemblées à queue d'aronde dans les chapeaux, ſont préférables aux entre-toiſes à mentonnet EF, tant parce qu'il eſt plus facile de faire arraſer leur deſſus avec celui du pavé, que parce que les mentonnets ſont ſujets à être accrochés par les bateaux, & même à ſe pourrir.

Il ſuffiroit ſans doute de remplir ces battes en bonne terre graſſe, & elles en ſeroient même plus étanches dans les commencemens; mais d'un autre côté elles ſeroient ſujettes par la ſuite à beaucoup plus de réparations : on peut par conſéquent s'en tenir à l'uſage où l'on eſt de les remplir en pierres & gravier.

Le pavé ſupérieur ſe fait ordinairement à ſec, avec des éclats de la même pierre, forcés à coups de maſſe dans les joints, après quoi il eſt bon de remplir les vuides en gravier; mais ſi on faiſoit tout de ſuite ce pavé ſur forme & à joints de ſable, ces joints ne tarderoient pas à ſe dégrader, & le pavé à être emporté. Au reſte l'eau qui paſſe ordinairement ſur ces jettées ne tombant jamais de bien haut d'un côté à l'autre, leur deſſus n'a pas beſoin d'être conſtruit auſſi ſolidement que celui des reverſoirs qui barrent entierement la riviere.

XXXVII.

La réſiſtance des pilots & des planches ou faſcines, dont les paremens des battes ſont compoſés, compenſe & au de-là le peu de liaiſon qu'il y a entre les pierres dont on les remplit ordinairement. On pourra donc ſans inconvénient déterminer leur épaiſſeur, comme ſi elles étoient conſtruites en bonne maçonnerie. Cette détermination ſe fera très-aiſément par les méthodes expliquées dans les deux Chapitres précédens. On obſervera ſeulement ici qu'il ne faut avoir égard qu'à l'excès de l'effort des eaux contre l'une des faces, ſur l'effort exercé contre la face oppoſée. C'eſt ſur quoi il paroît entierement inutile de s'arrêter plus long-tems.

XXXVIII.

La tête P d'une jettée étant toujours la partie la plus fatiguée, Fig. 36.
on doit la conſtruire plus ſolidement que le reſte, & même la revêtir en pierres de taille. Comme il eſt d'ailleurs très-eſſentiel de ſouſtraire le plus qu'il eſt poſſible cette même tête à l'effort des eaux, nous allons déterminer la figure qu'elle doit avoir pour remplir cet objet.

Détermination de la figure la plus avantageuse de la tête d'une jettée.

FIG. 39. Supposons d'abord que la tête de la batte soit divisée en deux parties égales & semblables BAD, bAD, par l'axe AD parallele au fil de l'eau. Supposons de plus que toutes les molécules de l'eau se meuvent avec la même vîtesse suivant des directions perpendiculaires à la plus grande largeur Bb de la tête, ce qui est très-sensiblement vrai, parce que la tête d'une jettée n'occupe jamais une largeur fort considérable sur la riviere. Il s'agit de trouver une courbe BAb telle qu'elle souffre la moindre impulsion qu'il est possible de la part du choc de l'eau.

Soient MM', M'M'', deux élements consécutifs de la courbe cherchée, & soient menées aux deux axes AD, BD, les coordonnées perpendiculaires MP, MQ; M'P', M'Q'; M''P'', M''Q''. Il est clair que la courbe demandée doit être telle, que la somme MM' + M'M'', des deux élémens consécutifs MM', M'M'', éprouve une moindre impulsion que la somme MV + VM'' de deux autres lignes quelconques infiniment petites MV, VM'' terminées aux points M & M'' : autrement la courbe AMVM''B éprouveroit une moindre impulsion que la courbe AMM'M''B, ce qui est contraire à l'hypothese. Or les deux élemens MM', M'M souffrent des impulsions perpendiculaires, lesquelles sont exprimées, comme on sait, par $V \times MM' \times \frac{\overline{M'R}^2}{\overline{MM'}^2}$ & par $V \times M'M'' \times \frac{\overline{M''R'}^2}{\overline{M'M''}^2}$, V étant la vîtesse du fluide.

Qu'on décompose chacune de ces forces en deux autres, l'une perpendiculaire à AD, & l'autre parallele à AD. Il est évident que les deux forces perpendiculaires à AD sont détruites par deux forces semblables qui proviennent des impulsions contre mm' & contre $m'm''$, & que par conséquent il ne faut avoir égard qu'aux forces paralleles à AD. La premiere est représentée par $V \times MM' \times \frac{\overline{M'R}^2}{\overline{MM'}^2} \times \frac{M'R}{M'M} = \frac{V \times \overline{M'R}^3}{\overline{MM'}^2}$, la seconde par $V \times M'M'' \times \frac{\overline{M'R''}^2}{\overline{M'M''}^2} \times \frac{M''R'}{M'M''} = \frac{V \times \overline{M''R'}^3}{\overline{M'M''}^2}$. On aura donc par la nature du problême, (à cause de V constante), $\frac{\overline{M'R}^3}{\overline{M'M}^2} + \frac{\overline{M''R'}^3}{\overline{M'M''}^2} = minimum.$

Pour déduire de la condition énoncée la nature de la courbe, considérons pour un moment les lignes MM′, M′M″ comme finies, & les deux points M, M″ comme fixes & donnés. En faisant MR$=r$, RM′$=s$, MH$=t$, HM″$=z$, il est visible qu'on aura $\frac{s^3}{rr+ss}+\frac{(z-s)^3}{(z-s)^2+(t-r)^2}=$ *minimum.*

Ainsi suivant les regles du calcul différentiel, il faut prendre la différentielle de cette quantité & l'égaler à zéro. Mais avant que de passer à cette équation, on remarquera qu'en vertu de l'hypothese que les deux points M & M″ sont fixés, les quantités t & z sont constantes. De plus il est évident que des deux autres quantités r & s, on peut ne faire varier que la seule quantité r, en supposant pour cela que les deux lignes MM′, M″M′ doivent se terminer au même point M′ de la ligne M′Q′ donnée de position, puisqu'il n'y a que la courbe cherchée qui ait la proprieté de rendre l'impulsion sur MM′+M′M″, moindre que l'impulsion sur MV+VM″, le point V étant aussi placé sur la droite M′Q′.

Cela posé, si l'on fait la différentiation proposée suivant r seulement, & qu'on divise par dr, on trouvera

$$\frac{rs^3}{(rr+ss)^2} \qquad \frac{(t-r)(z-s)^3}{((z-s)^2+(t-r)^2)^2}=0.$$

C'est-à-dire $\frac{\text{MR}\times\overline{\text{RM}'}^3}{\overline{\text{MM}'}^4}=\frac{\text{M}'\text{R}'\times\overline{\text{R}'\text{M}''}^3}{\overline{\text{M}'\text{M}''}^4}$.

On voit parlà que la nature de la courbe cherchée, doit être telle que MR & RM′, étant respectivement les différentielles de l'abscisse, & de l'ordonnée, le rapport $\frac{\text{MR}\times\overline{\text{RM}'}^3}{\overline{\text{MM}'}^4}$ soit toujours constant. Donc en supposant à l'ordinaire l'abscisse A$p=x$, l'ordonnée P$m=y$, on aura l'équation

$\frac{dx\,dy^3}{(dx^2+dy^2)^2}=n$, n étant un nombre constant.

Soit $dx=zdy$, on aura $\frac{z}{(zz+1)^2}=n$; d'ou l'on voit que z est aussi un nombre constant. Soit pour abréger $z=m$, on aura $dx=mdy$. Donc en intégrant, $x=\text{A}+my$, équation à la li-

gne droite ; donc BAb eſt un aſſemblage de lignes droites, & n'eſt point une courbe, comme on l'avoit ſuppoſé avant que de connoître la nature de cette ligne.

Si, outre la condition du *minimum*, on avoit eu encore à remplir celle de *l'Iſoperimetriſme* ou quelque autre équivalente, il auroit fallu prendre trois élémens conſécutifs de la courbe. Alors conſidérant les deux points extrêmes comme fixes, on auroit eu deux conditions pour déterminer la poſition des deux points intermédiaires, & pour parvenir delà à l'equation de la courbe.

XXXIX.

Examinons maintenant qu'elle doit être la poſition des lignes droites qui doivent former la tête de la batte pour éprouver le moindre choc qu'il eſt poſſible.

La queſtion ſe réduit à conſtruire ſur la baſe donnée Bb double de BD, un trapeze BSsb de hauteur donnée AD, & compoſé de de deux parties égales & ſemblables BSAD, bsAD, lequel éprouve une moindre impulſion que tout autre trapeze de même baſe & de même hauteur, & diviſé auſſi en deux parties égales & ſemblables par l'axe AD.

Soit menée SL perpendiculaire ſur Bb, & ſuppoſons $AD = a$, $DB = c$, l'indéterminée AS ou $DL = u$. L'impulſion ſur le ſyſtême des deux lignes BS, SA dans le ſens de l'axe AD, ſera proportionnelle à $\frac{(c - u)^3}{a^2 + (c - u)^2} + u = minimum$,

donc $\frac{-3(c-u)^2 du}{a^2+(c-u)^2} + \frac{2(c-u)^3(c-u)du}{(a^2+(c-u)^2)^2} + du = 0$.

D'où l'on tire ſans peine $u = c - a$.

Par là, on voit que ſi $c = a$, ou ſi $AD = BD$, la tête de la batte ſera un triangle iſocele, dont chacun des angles à la baſe ſera de 45 degrés. Si $c > a$, on aura $BL = SL$, & la tête de la batte ſera un trapeze BSsb, dont les deux angles à la baſe B & b ſeront chacun de 45 degrés. Enfin ſi $c < a$, la valeur de u ſera négative ; & comme AS ne peut pas tomber du côté oppoſé, puiſque la tête de la batte ſe trouve au point A par la nature du problême, il s'enſuit qu'on ne pourra tout au plus que mener au

point A les droites BA, *b*A, & qu'alors la tête de la batte sera le triangle isocele BA*b*.

Comme on est ordinairement maître de donner à la tête de la batte la saillie qu'on juge à propos, ou de fixer à volonté le rapport des lignes AD, BD, & que d'ailleurs il est très-avantageux de distribuer uniformément le choc de l'eau sur tous les points des faces de la tête, il résulte de ce qu'on vient de dire, que la meilleure forme qu'on puisse lui donner est celle d'un triangle rectangle isocele BA*b*. On doit avoir soin d'armer de fer l'angle A, afin qu'il divise plus facilement les glaces qui viendroient le frapper, & d'arrondir les angles d'épaulement B & *b*, pour diriger plus insensiblement le cours de l'eau le long du parement de la batte.

X L.

Si la tête de la batte, au lieu d'être exposée directement au fil de l'eau, comme on l'a supposé dans les deux articles précédens, avoit une position oblique par rapport au courant, on trouveroit encore, par une analyse pareille à celle de l'article XXXVIII, qu'elle devroit être composée de lignes droites; & cela, soit que le *minimum* d'impulsion résulte des forces entieres que souffrent perpendiculairement tous les points des faces, soit que ce *minimum* résulte des mêmes forces décomposées suivant des directions paralleles à des lignes quelconques données de position. Par-tout la ligne droite se reproduit. On voit encore par-là que, quand il n'y a pas une différence sensible entre les vîtesses des différens filets qui viennent frapper les paremens de la jettée, ces paremens doivent être rectilignes. Il est heureux que la figure rectiligne, qui est la plus commode pour la pratique, soit précisément celle que donne la théorie.

X L I.

Ce principe général posé, pour déterminer la tête d'une batte dont le parement BH fait avec la direction du courant un angle quelconque, on pourra tirer B*b* perpendiculaire à BH, & sur B*b* comme base, construire un triangle BA*b*, dont le côté A*b* soit parallele au fil de l'eau: alors il n'y aura que AB qui en souffre le choc, & il est évident que ce choc sera d'autant moindre que l'angle A sera plus aigu. Fig. 41.

Si on veut que les deux faces AB, A*b* soient frappées, & qu'elles souffrent des chocs perpendiculaires égaux, voici comment on Fig. 42.

trouvera la position de ces lignes, en supposant que le sommet inconnu A doive être distant de la base Bb d'une quantité connue.

Sur Bb toujours perpendiculaire aux parements BH, bh, on imaginera que du point A tombe la perpendiculaire AK ; on tirera BE perpendiculaire à la direction du courant, & du point A on abaissera AE perpendiculaire sur BE. Alors il est clair que l'impulsion perpendiculaire contre AB sera proportionnelle à AB × (*sin.* BAE)^2, & que l'impulsion perpendiculaire contre Ab, sera proportionnelle à Ab × (*sin.* bAE)^2 ; il faudra donc déterminer le point K par la condition qu'on ait AB × (*sin.* BAE)^2 = Ab × (*sin.* bAE)^2. Soient les connues AK $= a$, Bb $= b$, le sinus total $= 1$, le sinus de l'angle EBb $= q$, son cosinus $= r$, l'inconnue BK $= x$. On aura AB $= \sqrt{aa+xx}$, *sin.* BAK $= \frac{BK}{AB} = \frac{x}{\sqrt{aa+xx}}$; & comme l'angle EAK est évidemment égal à l'angle EBb, il s'ensuit par les regles de la trigonométrie, que *sin.* BAE $= \frac{qa+rx}{\sqrt{aa+xx}}$. On aura de même bA $= \sqrt{aa+(b-x)^2}$, *sin.* bAK $= \frac{bK}{Ab} = \frac{b-x}{\sqrt{aa+(b-x)^2}}$, & par les regles de la trigonométrie, *sin.* bAE $= \frac{(b-x)r-qa}{\sqrt{aa+(b-x)^2}}$. Nous avons donc par la condition énoncée ci-dessus. $\sqrt{aa+xx} \times \left(\frac{qa+rx}{\sqrt{aa+xx}}\right)^2 =$

$$\sqrt{aa+(b-x)^2} \times \left(\frac{(b-x)r-qa}{\sqrt{aa+(b-x)^2}}\right)^2,$$ ou bien $$\frac{(qa+rx)^2}{\sqrt{aa+xx}} = \frac{((b-x)r-qa)^2}{\sqrt{aa+(b-x)^2}},$$ équation de laquelle on tirera l'inconnue x.

XLII.

FIG. 43. Tout ce que nous venons de dire sur la forme & la position des têtes des jettées, s'applique de soi-même aux éperons A qui se font à la tête des isles. Quant à ceux T qu'on construit à la queue des isles, & par lesquels on doit terminer une jettée dont la partie d'aval seroit entierement isolée, l'irrégularité des efforts qu'ils ont à soutenir de la part de l'eau, ne permet pas de leur assigner de forme par le calcul. En effet, les eaux ayant été divisées par l'éperon A, celles qui sont adjacentes à l'éperon T n'ont point de vîtesse de translation : elles sont dormantes dans un certain espace XZY. Les eaux voisines, en venant les choquer, les tiennent par ce choc comme suspendues, & font à leur égard à peu près la fonction des parois d'un vase ; mais comme ces parois ne sont point

point ici des appuis immobiles, qu'au contraire ils changent ſans ceſſe par la ſucceſſion des molécules d'eau, il eſt clair qu'il y a une action & une réaction continuelles entre le choc des eaux courantes, & la preſſion des eaux dormantes; & comme il eſt impoſſible que ces deux forces ſoient conſtamment dans un équilibre abſolu, de leur oppoſition doivent néceſſairement réſulter des agitations en toutes ſortes de ſens dans toute la profondeur des eaux. Ces agitations qui produiſent des affouillemens ſous l'épeeron & qui en dégradent les paremens, ſont abſolument indéterminables par la Géométrie ; ainſi nous n'entreprendrons point d'aſſigner la courbe la plus avantageuſe pour leur réſiſter. On employera celle qu'on jugera la plus convenable ſelon les circonſtances. Nous nous contenterons de dire que les angles des épaulemens doivent être les moins tranchans qu'il ſe pourra, tant parce qu'ils en ſeront plus ſolides, que parce qu'ils en occaſionneront moins de tournoiemens.

CHAPITRE IV.

Des Reverſoirs.

XLIII.

Les reverſoirs ont pour objet, comme les battes, de faire égonfler l'eau d'une riviere au-deſſus d'un moulin ou d'un ſas d'écluſe ; mais ils en different non-ſeulement par leur direction, qui eſt communément moins dans le ſens du courant que celle des battes, mais encore parce que ces dernieres laiſſent en tout tems un libre cours à une partie de l'eau, au lieu que les reverſoirs la barrent entierement juſqu'à ce qu'elle ait acquis aſſez de hauteur pour paſſer par-deſſus. C'eſt pour cette raiſon qu'ils ſont préférables aux battes qui, comme nous l'avons déja remarqué, ne rempliſſent que très-imparfaitement l'objet qu'on ſe propoſe en les conſtruiſant.

XLIV.

Les reverſoirs ſe placent ou en travers de la riviere, comme AB (fig. 44), ou à l'entrée d'un ſecond bras, comme CD (fig. 45). Fig. 44 & 45.
Il ſe préſente à ce ſujet deux queſtions à examiner, la premiere ſur l'endroit de la riviere où l'on doit placer le reverſoir, la ſeconde ſur la direction qu'on doit lui donner.

Nous répondons à la premiere que lorſqu'on n'eſt point gêné par d'autres conſidérations, on doit préférer l'endroit de la riviere le plus large, qui eſt ordinairement le moins profond; car de deux digues, dont les paremens expoſés à l'eau ſont égaux en ſurface, la plus longue exige moins d'épaiſſeur & conſomme par conſéquent moins de matériaux. C'eſt ce qu'on verra aiſément par les formules de l'art. X. Si cependant il y avoit peu d'eau à ſoutenir, comme dans ce cas la digue a ordinairement plus de force & par conſéquent plus d'épaiſſeur qu'il ne lui en faut, on pourroit, pour en diminuer la longueur, choiſir l'endroit de la riviere le plus étroit.

Nous obſerverons, par rapport à la ſeconde queſtion, que c'eſt une erreur de placer les digues obliquement au courant dans la vue de diminuer l'effort qu'elles auront à ſoutenir; car dans le cas de la ſimple preſſion, qui eſt le plus ordinaire, cette preſſion ſe faiſant toujours perpendiculairement au parement, la digue ne doit pas avoir moins d'épaiſſeur, quelle que ſoit ſon obliquité. Le plus de longueur qui en réſulte eſt donc une dépenſe en pure perte. Quant aux digues qui ſeroient en même tems expoſées au choc de l'eau, ce choc ajoute ſi peu à la preſſion, qu'on ne regagneroit jamais ſur l'épaiſſeur la dépenſe qu'entraîneroit l'augmentation de longueur; ce qui eſt d'autant plus vrai, que la maçonnerie du parement eſt toujours plus coûteuſe que celle du rempliſſage. Ces réflexions conviennent à toutes les digues deſtinées à barrer un bras de riviere, mais il y a de plus une raiſon particuliere pour placer les reverſoirs à l'équerre ſur le lit du fleuve, c'eſt que toute direction oblique, en rejettant les eaux contre une des berges, tend néceſſairement à la détruire.

X L V.

Lorſqu'un reverſoir eſt placé ſur une riviere navigable, il faut y pratiquer un pertuis E qu'on ne tient ouvert que pendant le paſſage des bateaux, & qu'on referme enſuite de différentes manieres, dont l'examen eſt étranger à cet ouvrage. Nous remarquerons ſeulement que lorſque la chûte de l'eau excede 3 pieds, le paſſage d'un pertuis devient très-dangereux, & qu'il conviendroit pour lors de ſubſtituer à ce pertuis un ſas d'écluſe avec tout ce qui en dépend.

X L V I.

L'épaiſſeur des reverſoirs & les taluts de leurs paremens, tant

d'amont que d'aval, se déterminent d'après ce qui a été enseigné dans les deux premiers chapitres, en observant qu'un reversoir est souvent chargé d'eau sur toute sa hauteur du côté d'amont, pendant qu'il est à sec à celui d'aval.

XLVII.

Il y a longtems qu'on cherche la courbure qu'il convient de donner au couronnement d'un reversoir, afin que ce même couronnement ne soit pas plus fatigué dans un endroit que dans l'autre par les eaux qui coulent dessus, & que de plus les eaux à leur chûte au-delà du reversoir soient amenées insensiblement à une direction horizontale. Cette courbe n'est peut-être pas déterminable en rigueur, si l'on veut avoir égard à toutes les circonstances qui entrent dans la question. Mais nous croyons qu'on parviendra à s'en former quelque idée, au moyen du problême que nous allons résoudre. Fig. 46.

Considérons une lame d'eau infiniment mince, ou plutôt un simple filet d'eau composé de molécules qui se succédent les unes aux autres tout le long du couronement du reversoir; & qu'on nous permette de supposer que chaque molécule se meut de la même maniere que si elle étoit seule & qu'elle n'éprouvât par conséquent aucune action, ni réaction de la part des molécules contiguës. Cette supposition n'est pas fort éloignée de la vérité. Quoi qu'il en soit, nous nous proposons de déterminer la courbe que doit décrire chaque molécule regardée comme un corps isolé, de maniere que cette courbe souffre une pression égale dans tous ses points, en supposant la molécule soumise à l'action de la pesanteur & d'un frottement proportionnel au produit de la pression & d'une puissance quelconque de la vîtesse : problême intéressant en lui-même, indépendamment de toute application dont il peut-être susceptible dans la pratique. Il n'est pas parlé dans l'énoncé de ce problême de l'autre propriété qu'il faudroit que la courbe demandée eût d'amener les eaux à une tendance horizontale, parce qu'il peut se faire que cette propriété ne soit pas compatible avec la premiere, & que la chose ne pourra être décidée qu'à la fin de la solution.

Soit AMN la courbe cherchée. Qu'on mene à l'axe vertical AH, les ordonnées quelconques infiniment voisines PM, *pm*; & soit OM le rayon de la développée qui répond au point M. Soit prise la verticale MK pour représenter la pesanteur de la molécule parvenue en M, & soit décomposée cette force en deux autres

MQ, ME, l'une perpendiculaire, l'autre tangente à la courbe.

Suppoſons {
- La gravité . . . . $= g$
- La maſſe de la molécule . . . . . $= m$
- La vîteſſe de m le long de l'élément Mm . $= u$
- AP . . . . $= x$
- PM . . . . $= y$
- MR . . . . $= dx$
- ~~RM~~ Rm. . . . . $= dy$
- Mm . . . . $= ds$
- Le rayon OM de la developpée . . . . $= R$

Il eſt clair qu'à cauſe des triangles ſemblables MEK, MRm, la force abſolue MQ ou KE, ſera exprimée par $gm\frac{dy}{ds}$, & la force abſolue ME par $gm\,\frac{dx}{ds}$.

Quelle que puiſſe être la nature de la courbe cherchée, la preſſion que ſouffre le point M perpendiculairement à Mm, eſt toujours égale à la ſomme de la force MQ & de la force centrifuge qu'a la molécule au point M. Ainſi cette preſſion ſera repréſentée par $\frac{gmdy}{ds} + \frac{muu}{R}$; & comme elle doit être la même dans tous les points de la courbe, on l'égalera à une conſtante C, & l'on aura l'équation (A) $\frac{gmdy}{ds} + \frac{muu}{R} = C$.

La maſſe m eſt accélerée dans le ſens Mm par la force ME, & elle eſt retardée par la réſiſtance du frottement qu'il faut regarder comme une force dirigée dans le ſens oppoſé mM. Or le frottement étant une partie déterminée du produit de la preſſion par une puiſſance quelconque de la vîteſſe, il ſera exprimé par $\frac{Cu^n}{p}$ (p étant un nombre poſitif plus grand que l'unité, n un expoſant quelconque). Par conſéquent la force accélératrice abſolue de m le long de Mm ſera $\frac{gmdx}{ds} - \frac{Cu^n}{p}$; & l'on aura, par le principe ordinaire des forces accélératrices, l'équation (B) $mudu = \left(\frac{gmdx}{ds} - \frac{Cu^n}{p}\right) ds = gmdx - \frac{Cu^n ds}{p}$.

Il n'eſt plus queſtion que de tirer de ces deux équations la rélation entre x & y.

Qu'on ſubſtitue dans l'équation (A), à la place de R, ſa valeur $\frac{dsdx}{ddy}$ dans laquelle ds eſt ſuppoſé conſtant; on aura (en ſuppoſant

pour abréger un peu le calcul, $\frac{C}{m}=a$) $\frac{gdy}{ds}+\frac{uuddy}{dsdx}=a$, ou bien $uu=\frac{adsdx-gdydx}{ddy}$.

Supposons $dy=zds$, & par conséquent aussi $ddy=dzds$: on aura $uu=\frac{adx-gzdx}{dz}=\frac{dx}{dz}(a-gz)$; donc $udu=-\frac{gdx}{2}+\left(\frac{a-gz}{2}\right)d\left(\frac{dx}{dz}\right)$; $u^n=\left(\frac{dx}{dz}\right)^{\frac{n}{2}}(a-gz)^{\frac{n}{2}}$.

Mettons ces valeurs de udu, & de u^n dans l'équation (B); mettons aussi pour ds sa valeur $\frac{dx}{\sqrt{1-zz}}$, & faisons pour abréger $\frac{C}{pm}=b$: nous aurons $-\frac{gdx}{2}+\left(\frac{a-gz}{2}\right)d\left(\frac{dx}{dz}\right)=gdx-\frac{b\left(\frac{dx}{dz}\right)^{\frac{n}{2}}(a-gz)^{\frac{n}{2}}dx}{\sqrt{1-zz}}$, ou bien $d\left(\frac{dx}{dz}\right)=\frac{3gdx}{a-gz}-\frac{2b\left(\frac{dx}{dz}\right)^{\frac{n}{2}}(a-gz)^{\frac{n}{2}-1}dx}{\sqrt{1-zz}}$.

Supposons $\frac{dx}{dz}=q$, $dx=qdz$, & pour abréger le calcul, prenons $\frac{3g}{gz-a}=-M$, $\frac{2b(a-gz)^{\frac{n}{2}-1}}{\sqrt{1-zz}}=N$: on aura la transformée $dq+Mqdz+Nq^{\frac{n}{2}+1}dz=o$, ou bien $q^{-\left(\frac{n}{2}+1\right)}dq+Mq^{-\frac{n}{2}}dz+Ndz=o$. Pour rendre cette équation intégrable, on multipliera tous les termes par $c^{\int-\frac{n}{2}Mdz}$ quantité qu'on découvre par des méthodes connues, & dans laquelle c est le nombre dont le logarithme est 1; ce qui donnera $q^{-\left(\frac{n}{2}+1\right)}c^{\int-\frac{n}{2}Mdz}dq+Mq^{-\frac{n}{2}}\times c^{\int-\frac{n}{2}Mdz}dz+Nc^{\int-\frac{n}{2}Mdz}dz=o$, dont l'intégrale est $\frac{-2q^{-\frac{n}{2}}c^{\int-\frac{n}{2}Mdz}}{n}+\int Nc^{\int-\frac{n}{2}Mdz}dz=B$. D'où l'on voit que q est une fonction donnée de z. Soit représentée cette fonction par P, c'est-à-dire, soit $q=P$: on aura $dx=Pdz$; donc x sera aussi une fonction donnée de z. Donc à cause de $dy=\frac{zdx}{\sqrt{1-zz}}$, y sera encore une fonction de z. Par conséquent les deux coordonnées x & y étant exprimées par le moyen de la même variable z, on pourra construire la courbe demandée.

On ne connoît pas exactement la maniere dont la vîtesse influe sur le frottement. Si l'on supposoit que le frottement fût simplement proportionnel à la pression, on trouveroit, en remontant aux deux équations fondamentales (A) & (B), & en employant la même analyse qu'on emploie lorsqu'il s'agit de trouver la courbe d'*égale pression* dans le vuide, que la courbe cherchée est géométrique. Mais si on suppose avec quelques Auteurs, que le frottement est en raison composée de la pression & de la vîtesse (hypothese qui nous par oîtici préférable à toute autre), on aura $n = 1$, & la courbe demandée sera à peu près telle que nous l'avons représentée dans notre figure. On voit qu'elle tend encore à amener le corpuscule qui descend à une direction horizontale. Malheureusement elle est comme impossible à exécuter dans la pratique, à cause de l'extrême complication des valeurs des coordonnées x & y. De plus il faut observer que la vîtesse initiale étant un des parametres de la courbe, lorsque cette vîtesse vient à changer (ce qui arrive ici continuellement à mesure que les eaux croissent ou baissent), les dimensions de la courbe changent aussi nécessairement, & que par conséquent la courbe individuelle qui convient à un cas, ne convient pas rigoureusement à un autre.

D'après ces remarques, tout ce qu'on peut demander est la construction méchanique ou graphique de quelque courbe qui remplisse l'objet proposé d'une maniere suffisamment exacte pour la pratique : en voici une qui nous paroît avoir cette propriété.

XLVIII.

Fig. 47. La hauteur AB de la digue étant donnée, faites sa largeur AC égale à deux fois & demie cette hauteur AB. Tirez ensuite la ligne de construction CB, & décrivez du centre A & de l'intervalle AB, l'arc BED qui rencontrera CB au point D ; élevez CF perpendiculaire sur CA ; divisez CD en deux également au point G, & élevez la perpendiculaire CH qui coupera CF au point I. De ce point I, comme centre, décrivez l'arc CLD, qui, joint à l'arc DEB, donnera la courbe cherchée CLDEB.

Il est vrai que le frottement est très-considérable le long du parement en talon renversé que donne cette courbe, ce qui force à n'en faire usage que lorsqu'on a des matériaux fort durs, & surtout d'un très-grand échantillon ; mais lorsqu'on en peut trouver de cette qualité, & lorsque la hauteur de la chûte est considérable, il n'y a point à balancer à se servir de la courbe. Le frottement n'a d'autre effet que d'user à la longue le couronnement

du reverſoir, ce qui donne la facilité de faire en tems convenable les réparations qu'on croit néceſſaires, au lieu que la chûte de l'eau & ſur-tout des glaçons ſur un plancher horizontal, briſe & détruit ce plancher au moment où on s'y attend le moins, & preſque toujours dans le tems des grandes eaux ou des débacles, de ſorte qu'il eſt ſouvent impoſſible d'y remédier à tems.

Lorſqu'on n'a pas de matériaux des qualités requiſes pour faire un reverſoir en talon renverſé; lorſque la hauteur de la chûte n'eſt pas aſſez conſidérable pour exiger cette dépenſe, & enfin lorſque la hauteur de l'eau ſur le radier eſt en tout tems aſſez forte pour rompre le coup de celle qui tombe, & ſur-tout des glaçons, on peut ſe contenter d'une digue dont les paremens ſoient en talut, d'après ce qui a été dit à ce ſujet ſur les autres digues, & le deſſus en pente, le tout ainſi que la fig. 48 le repréſente. FIG. 48.

Il eſt évident que le deſſus du reverſoir n'éprouve aucune fatigue s'il eſt dirigé ſuivant un talut BE qui ne ſoit pas rencontré par la parabole BF repréſentant la courbe que l'eau décriroit ſi elle étoit abandonnée à elle-même. Si on dirigeoit au contraire ce deſſus ſuivant un talut BG qui rencontrât la parabole au point O, toute la partie OG ſeroit labourée par des ondulations paraboliques qui tendroient à la dégrader; d'où l'on voit qu'il faut toujours tracer le deſſus d'un reverſoir, de maniere qu'il ne puiſſe pas être rencontré par la parabole que l'eau décrit en tombant.

Si la digue DBEC, enfermée ſous la parabole BF, n'étoit pas aſſez épaiſſe pour ſoutenir les eaux dont elle eſt chargée, il faudroit augmenter ſon épaiſſeur du côté d'amont & faire le deſſus BN de ce repaiſſiſſement de niveau, afin de ne rien changer à la parabole BHQF.

Dans le cas où cette digue DBEC ſeroit ſuffiſante, mais où le talut EB rendroit l'angle EDB trop aigu, il ſeroit très-utile de donner au deſſus du reverſoir la courbure BOH de la parabole.

Il ne reſte donc plus de difficulté que par rapport au choc de l'eau contre le fond CF ou contre le radier, qu'il eſt toujours indiſpenſable d'y conſtruire lorſque le reverſoir n'eſt pas établi ſur le roc. Nous obſerverons à ce ſujet qu'il eſt pour le moins inutile de chercher à ramener les eaux au pied du reverſoir en inclinant de ce côté le radier *de;* car outre que ce radier eſt par ce moyen frappé plus directement, les eaux réfléchies en B, ſuivant un plus grand angle que ſi le radier étoit de niveau, tomberont vers C de plus haut, & y produiront par conſéquent un FIG. 49.

plus grand affouillement. Une pente en ſens contraire produiroit encore plus directement l'affouillement : il faut donc s'en tenir à la poſition horizontale.

X L I X.

Paſſons maintenant à ce qui regarde la conſtruction des reverſoirs relativement au plus ou moins de ſolidité qu'ils doivent avoir ſelon la charge d'eau qu'ils ont à ſoutenir & les matériaux avec leſquels on eſt obligé de les conſtruire, en commençant comme nous avons toujours fait, par les conſtructions les plus ſimples & les moins coûteuſes.

FIG. 50. La figure 50 repréſente la coupe d'un reverſoir ſemblable à ceux qu'on conſtruit ſur les petites rivieres, & lorſqu'on veut épargner la dépenſe.

FIG. 51. On voit (fig. 51), l'élevation & la coupe d'un reverſoir de charpente, avec ſon plancher bronchant AB qui doit s'étendre pluſieurs pieds au de-là de la chûte des plus grandes eaux.

FIG. 52. Le reverſoir repréſenté (fig. 52), eſt établi ſur le roc, & eſt conſtruit en maçonnerie. Si le roc, au lieu de ſe trouver à la ſurface, étoit à pluſieurs pieds de profondeur, comme dans la figure
FIG. 53. 53, il faudroit deſcendre la fondation juſqu'au ſolide, & conſtruire en aval le radier BA, dont la maçonnerie doit être liée avec le corps de la digue, & doit s'étendre, comme le plancher bronchant de la fig. 51, au de-là de la chûte des eaux. Le corroi de glaiſe E ne peut être que de la plus grande utilité. C'eſt une petite dépenſe par rapport à la totalité de l'ouvrage, & l'on ſe repent preſque toujours de ne l'avoir pas faite.

FIG. 54. Dans le cas où l'on voudroit conſtruire un reverſoir en maçonnerie ſur un fond abſolument mauvais (fig. 54), le corroi de glaiſe E eſt encore plus eſſentiel, & il faut établir tant la digue que ſon radier, ſur pilotis avec de bons bordages de pal-planches en amont & en aval, le tout ainſi qu'il eſt exprimé dans la figure 54. La dépenſe d'un plancher de madriers ſur le grillage qui couronne les pilots, ſeroit plus qu'inutile dans cette eſpece d'ouvrage, puiſque ce plancher interromperoit la liaiſon entre la maçonnerie dans les caſes du grillage, & celle de la digue.

FIG. 55. Enfin on voit, fig. 55, la coupe d'un reverſoir dont le deſſus ſeroit formé ſuivant la méthode que nous avons donnée (art. XLVIII). On y a marqué la maniere dont les pierres doivent être appareillées & poſées pour qu'il ne s'y trouve pas d'angle trop maigre, & pour que leur lit inférieur ſoit toujours de niveau.

L.

L.

Un objet de la plus grande importance pour la ſolidité des reverſoirs, eſt de bien aſſurer leurs extrêmités par des enracinemens ou culées AB, CD qui doivent s'élever au niveau du deſſus des berges, & dont les jouées B & C doivent être conſtruites avec les plus beaux quartiers de pierre reliés & encaſtrés ſuivant que les circonſtance l'exigeront d'après ce que nous avons dit de la conſtruction des murs de quai, & même de celle des digues maritimes. Fig. 56.

L'obſervation que nons avons faite ſur le danger qu'il y avoit de mettre l'eau contre les digues en terre, ſitôt qu'elles ſont achevées, doit auſſi avoir lieu pour les digues en maçonnerie, & ſurtout pour les réverſoirs. Quantité d'ouvrages de cette eſpece, très-bien faits d'ailleurs, ont été renverſés, parce qu'on s'eſt trop précipité à cet égard. Il y a à la vérité des circonſtances où l'on ne peut faire autrement, comme quand un ouvrage ne ſe trouve achevé qu'à la fin de l'automne. En ce cas il ſeroit très-utile de le revêtir en vieilles planches retenues avec un bâtis de charpente, auſſi en vieux bois, pour épargner la dépenſe; car il ſuffit que ce revêtement puiſſe paſſer l'hiver, après quoi l'ouvrage eſt ſauvé, s'il a été conſtruit avec quelque attention.

CHAPITRE V.

Des Epis.

L I.

On donne quelquefois indifféremment le nom d'épis à toutes les digues, dont l'objet eſt de conſerver les berges d'une riviere, & c'eſt en ce ſens qu'on appelle *épis* le long du Rhin, les revêtemens en faſcinages, que nous avons cru devoir placer dans le même chapitre que les murs de quai, parce qu'ils en tiennent réellement lieu dans les endroits où on les conſtruit.

Les épis proprement dits, dont il s'agit ici, ſont des bouts de digues AB, CD, EF deſtinés à modifier le cours d'une riviere, de maniere qu'elle ſe rétabliſſe comme d'elle-même dans ſon premier état, en détruiſant les attériſſemens & en rempliſſant les affouillemens que l'irrégularité & la rapidité du courant y ont formés. Fig. 57.

Les épis proprement dits ne ſont donc point des ouvrages permanens; & leur objet une fois rempli, on voit que ſi on les laiſſoit ſubſiſter plus long-tems, les inconvéniens auxquels on auroit remédié ſur une rive, ne tarderoient pas à ſe faire appercevoir ſur la rive oppoſée. On a dû, par cette raiſon, chercher les moyens de parvenir au même but ſans conſtruire à grands frais des ouvrages dont la démolition occaſionne peu de tems après une nouvelle dépenſe. C'eſt pour cela qu'on ſe contente ſouvent de faire échouer à propos quelque vieux bateau qu'on déchire & qu'on retire par morceaux, lorſqu'il a produit l'effet qu'on en attendoit.

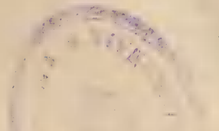
Une autre conſidération vient à l'appui de la précédente, pour conſtruire les épis le plus légerement que la profondeur & la rapidité du courant le permettent; c'eſt que preſque toujours les circonſtances ceſſent d'être les mêmes à meſure que l'épi produit ſon effet, & varient même d'autant plus promptement qu'il agit avec plus de ſuccès. Les épis ambulants ſont en ce cas d'une très-grande utilité.

L I I.

La plupart des épis ambulants ne ſont autre choſe qu'une givée de faſcines qu'on fait échouer où l'on veut, en la chargeant de pierres, & qu'on remet à flot en ôtant ces mêmes pierres, & en attachant le long de ſon pied des tonneaux vuides & bien bouchés, auxquels on fait prendre fond à l'aide d'un pareil nombre de poulies fixées ſolidement dans cette givée.

On emploie encore avec ſuccès des pontons ſemblables à ceux dont on ſe ſert pour faciliter le curement des ports de l'Océan. M. *Belidor* recommande même l'uſage du radeau de M. *Caſtaing*, par rapport à la facilité avec laquelle on peut le tranſporter & changer ſa direction & ſon talut. Il eſt vrai que ce radeau a tous ces avantages dans les ports de l'Océan, parce qu'il s'échoue de lui-même en marée baſſe dans l'endroit où on le conduit à la faveur de la marée haute; mais il n'en eſt pas de même ſur les rivieres où il faudroit le faire aſſez lourd pour qu'il s'enfonçât par ſon propre poids, & où on ne pourroit par conſéquent le mettre & le retenir à flot qu'à l'aide d'autres radeaux plus légers, ou avec des bateaux & des tonneaux: on ſent combien cela en compliqueroit la manœuvre.

L I I I.



Lorſque la trop grande ou trop petite profondeur de l'eau, ſa rapidité ou d'autres circonſtances ne permettent pas de faire uſage

des épis ambulants ; ou que l'effet que l'on se promet d'un épi doit nécessairement être l'ouvrage de plusieurs années, il faut alors construire un épi dormant & proportionner sa solidité au tems pendant lequel on présume qu'il devra subsister.

Le plus simple & le plus ordinaire des épis dormants est composé d'une file de pilots battus à la sonnette, qu'on est en usage de revêtir du côté d'amont avec un vannage, ou seulement avec des claies. Si le courant étoit plus rapide, on pourroit appuyer ce premier rang de pilots par un second ; s'il l'étoit moins, il suffiroit d'adosser le vannage ou les claies contre une ou plusieurs rangées de gabions remplis de pierres ou de gravier, & traversés chacun par un fort piquet qui sert à les fixer où l'on veut.

Quant aux épis qui demandent plus de solidité, on peut avoir recours à ce qui a été dit des autres especes de digues. En effet, il n'y a aucune différence essentielle entre la maniere dont on doit établir les épis en fascines, & celle dont nous avons vu qu'on établissoit les revêtemens de fascinages qui se font le long des berges. Les épis construits par encaissement ont aussi le plus grand rapport avec les ouvrages qu'on fonde par encaissement dans la mer, & enfin les battis doubles, espece d'épis particulierement en usage dans le département des turcies & levées, ne different presqu'en rien des jettées & battes dont il a été traité dans le troisieme chapitre.

L I V.

On pourroit faire un épi très-solide & très-commode, en y employant des chevres de charpente qu'on a la liberté de placer aussi près & aussi éloignées les unes des autres qu'on le juge convenable, pour donner à l'épi une résistance proportionnée à l'effort qu'il doit soutenir. Ces chevres se placent toujours de maniere que leur dos AB soit du côté d'amont. C'est sur ce dos qu'on appuie le vannage ou les claies qui doivent former le parement de l'épi : on donne à ce parement plus ou moins de talut, en alongeant ou raccourcissant les jambes CB, DB, en enterrant plus ou moins la queue A, ou enfin en appliquant sur le dos AB des fourrures plus épaisses par un bout que par l'autre. Le plus grand avantage d'un épi de cette espece, c'est que toutes les pieces dont il est composé étant indépendantes les unes des autres, on peut lui donner telle direction & telle courbure qu'on juge à-propos, & changer cette direction & cette courbure en totalité ou en partie, toutes les fois qu'on le croit nécessaire. FIG. 58.

Quelque ſupériorité que l'épi qu'on vient de décrire ait preſque toujours ſur les autres, les circonſtances varient ſi prodigieuſement, qu'il n'y a aucune ſorte de conſtruction qui ne puiſſe trouver ſa place ; c'eſt pour cela qu'avant de paſſer à ce qui concerne la direction qu'on doit donner aux épis de quelque genre qu'ils ſoient, nous allons examiner ce qui a rapport à la forme des épis dormants.

L V.

Fig. 57. Un épi qui ſeroit auſſi élevé à ſa tête B qu'à ſa racine A, intercepteroit une ſi grande quantité d'eau lors des crues, qu'il en pourroit réſulter une infinité d'accidens. Il eſt vrai que ce ſeroit un moyen pour raſer en bien moins de tems l'attériſſement G ; mais comme il vaut mieux reculer de quelque tems l'effet qu'on attend d'un épi, que de s'expoſer aux ravages que peuvent faire les eaux lorſqu'elles ſont trop reſſerrées, c'eſt un très-bon uſage de tenir le deſſus d'un épi en talut : il travaille par ce moyen en tout tems ſans trop retrécir le lit. On comprend aſſez qu'outre la ſujétion qu'il y auroit à conſtruire un épi en pyramide triangulaire, comme EF, il ſeroit à craindre que la pointe F, & l'arrête EF ne ſe dégradaſſent trop facilement.

L V I.

Les eaux étant ordinairement preſque auſſi hautes au-deſſous qu'au deſſus d'un épi, & la preſſion y étant par conſéquent à très-peu de choſe près la même ; on voit que dans le cas où le genre de conſtruction de cet épi exigeroit qu'on en calculât l'épaiſſeur, c'eſt principalement au choc qu'il faudroit avoir égard pour déterminer cette épaiſſeur qui ſe trouvera facilement dans tous les cas par les méthodes précédentes.

L V I I.

Fig. 59. Comme les différens filets d'eau paralleles qui viennent frapper un épi AMB adjacent à la rive AO, n'ont pas la même vîteſſe dans toute la largeur AF qui répond à cet épi, & que ceux qui ſont les plus éloignés de AO peuvent avoir la plus grande vîteſſe, c'eſt un problême utile de déterminer la nature de la courbe qu'il faut donner au plan d'un épi pour que tous les élémens de cette courbe ſouffrent des chocs égaux.

Soient donc AMB la courbe demandée, AP l'axe des abſciſſes, PM, *pm* deux ordonnées infiniment voiſines.

Supposons
- AP . . . . $= x$
- PM . . . . $= y$
- MR . . . . $= dx$
- mR . . . . $= dy$
- Mm . . . . $= ds$
- La vîtesse du filet KM qui vient frapper le point M . . . . $= Y$

(Y est une fonction de y).

L'impulsion perpendiculaire contre l'élément Mm, est proportionnelle à $Mm \times Y^2 \times \frac{\overline{mR}^2}{\overline{Mm}^2} = \frac{Y^2 dy^2}{ds}$: or puisque tous les élémens de la courbe doivent à égalité de longueur, souffrir des chocs égaux, il s'ensuit qu'on aura $\frac{Y^2 dy}{ds} = A ds$, A étant une constante, cette équation donne $Y^2 dy^2 = A dx^2 + A dy^2$, ou bien $dx\sqrt{A} = dy\sqrt{Y^2 - A}$; donc $x\sqrt{A} + B = \int dy\sqrt{Y^2 - A}$, B étant une seconde constante. Telle est en général l'équation de la courbe AMB; les deux constantes A & B, doivent être déterminées par les deux conditions qu'elle passe par les deux points donnés A & B, c'est-à-dire, de maniere qu'on ait 1°. $y = o$, lorsque $x = o$, 2°. $y = BO$, lorsque $x = AO$.

Il est clair que, lorsqu'on connoîtra par des expériences immédiates dans chaque cas particulier la loi de la fonction Y, c'est-à-dire, la loi suivant laquelle varient les vîtesses des différens filets qui viennent frapper AMB, rien ne sera si facile que de construire cette courbe, soit algébriquement, soit par les quadratures. Il n'est pas moins évident qu'on pourra toujours la mettre en œuvre, quelle que puisse être la direction de l'épi, puisqu'on est maître de la faire passer par tel point B que l'on veut. Elle est principalement avantageuse lorsqu'elle est frappée immédiatement par le courant, c'est ce qui arrive lorsque l'angle HAM est fort obtus. Mais dans les cas où il se forme au-devant de l'épi un amas d'eaux dormantes, elle est assez indifférente, du moins lorsque l'épi est une fois construit.

LVIII.

Il nous reste maintenant à examiner ce qui concerne la direction des épis, laquelle doit varier d'une infinité de manieres, relativement à la position des affouillemens qu'on veut combler, & à celle des attérissemens qu'on se propose de raser.

Les différens degrés de vîtesse que les eaux d'une riviere acquierent ou perdent à mesure qu'elles augmentent ou qu'elles dimi-

nuent ; les modifications que reçoit encore cette vîteſſe & même la direction du courant en frappant non-ſeulement contre les épis, mais encore contre le priſme d'eaux dormantes qui ſe forme ordinairement au-devant d'un épi rectangulaire, ou contre la pyramide, auſſi d'eaux dormantes, qui ſe forme au même endroit lorſque le deſſus de l'épi eſt en pente, & une infinité d'autres incidens qui ſe ſuccedent d'un inſtant à l'autre, ſont autant de cauſes qui rendroient encore plus inutiles que difficiles les calculs qu'on pourroit faire à ce ſujet. C'eſt pour cela que nous nous en tiendrons ici à quelques principes généraux confirmés par l'expérience qu'il faudra combiner relativement aux circonſtances où l'on pourra ſe trouver.

1°. L'effet d'un épi dépend principalement de la vîteſſe du courant & de l'ouverture du paſſage qui reſte entre la tête de cet épi & la berge oppoſée, de ſorte que l'angle que l'épi forme avec la berge dans laquelle il s'enracine, eſt dans beaucoup de circonſtances bien moins eſſentiel qu'on ne le croit communément. C'eſt ce que nous allons d'abord faire voir pour le cas où le but d'un épi ſeroit de combler un affouillement par le moyen des dépôts que fait la maſſe d'eaux dormantes qu'il occaſionne.

Fig. 60. Soit AB un épi placé perpendiculairement ſur la berge CD : la maſſe d'eaux dormantes CBDA qui en réſulte, reſtera à peu de choſe près la même, quoiqu'on change la direction de cet épi, pourvu que ſa tête reſte toujours au point B, & que ſon corps ne ſorte point de l'eſpace CBDA. Il arrivera ſeulement que la maſſe d'eaux dormantes diminuera du côté où on aura tranſporté l'enracinement A, & augmentera de l'autre, de ſorte que cette maſſe entiere ſera à l'amont de l'épi, s'il eſt placé ſuivant la direction BD, & qu'elle ſe trouvera au contraire à l'aval du même épi, ſi on le place ſuivant la direction CB. Mais ſi l'on donnoit au même épi une direction GB, en dehors de la maſſe d'eaux dormantes CBDA, cette maſſe augmenteroit du côté de l'épi de tout le triangle CGB, & diminueroit vraiſemblablement de quelque choſe ~~le long~~ le long de la ligne BD, parce que le courant y ſeroit porté un peu plus directement. Il ne paroît pas qu'en donnant à l'épi la direction BH, cela puiſſe produire dans les environs de BC le même effet que l'épi placé en GB produit aux environs de BD.

Quant au cas où l'épi auroit pour objet de détruire un attériſſement placé quelque part entre F & L, il paroît qu'il ſeroit encore aſſez indifférent que cet épi fût placé en CB, en AB, ou en DB; car le parement CB de la maſſe d'eaux dormantes, occaſionnée

par l'épi AB, ou par l'épi DB, dirigera le courant vers la berge FL, à peu près de la même maniere que le feroit l'épi lui-même, s'il étoit placé en CB.

2°. Lorsque la masse d'eaux dormantes, occasionnée par un épi EG, peut couvrir en entier l'affouillement qu'on se propose de combler, & lorsque la riviere n'est pas d'ailleurs trop profonde vers le milieu de cet affouillement, l'épi EG est préférable aux deux HI & LM, tant parce que leur construction coûteroit vraisemblablement davantage, que parce qu'il résulteroit de ces deux épis des attérissemens O, N, P, Q en dehors de l'affouillement à combler. Si l'épi EG ne pouvoit pas produire une masse d'eaux dormantes, aussi étendue que cet affouillement HELG, il faudroit, au lieu lieu de cet épi EG, faire les deux petits *hi*, *lm*. C'est donc dans tous les cas une erreur que de proposer pour remplir un affouillement deux épis placés en dehors, l'un à l'amont, lautre à l'aval de cet affouillement. Fig. 61 & 63.

3°. Quelle que soit la direction d'un épi tel que AB, il ne peut gueres servir qu'à enlever un attérissement en angle saillant D. Dans le cas où on auroit un attérissement en longueur HI, un épi EL qui réduiroit la riviere à un canal étroit le long de cet attérissement, seroit le meilleur qu'on pût employer pour le détruire. De petits éperons G, placés le long de son parement, accéléreroient beaucoup l'operation en rejettant l'eau par cascades contre l'attérissement. Sans l'avantage qu'on retire de ces petits éperons, on pourroit se contenter de deux épis AB, CD, pourvu qu'ils ne fussent pas absolument trop éloignés l'un de l'autre, car dans ce cas le parement BD de la masse d'eaux dormantes, comprise entre ces deux épis, doit produire à peu de chose près le même effet qu'un épi placé suivant cette ligne BD. Fig. 62.

Il faut avoir soin de couper en divers sens par de petites tranchées les attérissemens qu'on veut enlever. On a marqué ces tranchées sur les fig. 62, 63, 64 & 65. Il est aussi très-utile de labourer l'attérissement toutes les fois que les eaux sont assez basses pour le permettre. Fig. 62, 63, 64 & 65.

Les fig. 64 & 65 représentent plusieurs dispositions d'épis qui ont chacune leur avantage, car il y a tant de variétés dans la vîtesse des fleuves, & sur-tout dans la consistance de leurs berges, que ce qu'on peut faire de mieux sur l'un ne convient souvent point du tout sur un autre. C'est pour cela que la conduite de ces sortes d'ouvrages demande, dans ceux qui en sont chargés, non-seulement une expérience consommée en ce genre, mais même Fig. 64 & 65.

une connoiſſance particuliere de la riviere ſur laquelle on veut travailler.

Différentes manieres de barrer une riviere.

LIX.

Comme pluſieurs Auteurs rangent dans la claſſe des épis les digues deſtinées à barrer entierement un bras de riviere, nous placerons ici ce que nous avons à dire ſur ce ſujet.

La premiere choſe qu'il y ait à faire lorſqu'on veut barrer entierement un bras de riviere, eſt de curer & d'approfondir le lit auquel on veut la reſtreindre. Une autre précaution auſſi eſſentielle & preſque auſſi négligée que la précédente, c'eſt de donner à la digue une épaiſſeur proportionnée à l'augmentation de hauteur d'eau que le barrage occaſionnera néceſſairement. Un épi, tel que GH, conſtruit quelque tems avant que d'entreprendre ce barrage, prépare inſenſiblement l'opération, en approfondiſſant le lit HIL, & en faiſant rehauſſer le fond du bras CDEF qu'on veut barrer.

FIG. 66.

Quant à l'endroit où l'on doit placer la digue & à la direction qu'on veut lui donner, on peut conſulter ce que nous avons dit à ce ſujet (art. XLIV).

Les choſes ainſi préparées, il faut battre une ou pluſieurs files de pilots contre leſquels on appuyera la digue. Nous diſons que la digue doit être appuyée contre les pilots, car une digue enfermée entre deux rangs de pilots, qu'on remplit ſucceſſivement de terre, ne réuſſit preſque jamais. L'eau reſſerrée dans la derniere partie qui reſte à remplir, creuſe ſi profondément en peu de tems, que les parties joignantes qu'on regardoit comme perfectionnées, ſont ſouvent déracinées & emportées avant que la digue ait pu être achevée. Si l'on étoit abſolument obligé de remplir la digue ſucceſſivement & par parties, il faudroit toujours commencer par l'endroit le plus profond, & finir par l'endroit où il y auroit le moins d'eau, & où elle ſeroit le moins rapide.

Pour l'ordinaire on amene contre les pilots une givée de faſcinages qui tient toute la largeur du lit qu'on veut barrer; on la fait échouer en détachant les tonneaux vuides qui la ſoutenoient à flot, & en la chargeant très-promptement de terre, au moyen des grands amas qu'on en a dû faire le plus près qu'il a été poſſible de ſes extrêmités. On doit auſſi avoir des bateaux chargés de terre & glageaux qu'il faut jetter au pied & en amont de la givée,

vée, & qu'on y affermit avec de grands rabots ſemblables à ceux qui ſervent à corroyer le mortier. Ces terres, jettées à l'amont de la givée & que l'eau force à entrer dans les vuides & interſtices qui s'y peuvent trouver, ſont bien plus utiles que celles qu'on jetteroit derriere, & que l'eau qui filtre à travers la givée entraîneroit au delà.

On pourroit, ſi l'ouvrage méritoit cette dépenſe, faire ſur les pilots deſtinés à ſoutenir la digue un échaffaud compoſé de baſcules qu'on chargeroit de terre, & qu'on renverſeroit toutes enſemble ſur la givée au moment où on détacheroit les tonneaux pour lui faire prendre fond.

Il y auroit une autre maniere de barrer un bras de riviere, ce ſeroit de ſubſtituer des chevres pareilles à celles de la figure 58 aux pilots deſtinés à ſoutenir la digue, & de conſtruire ſur ces chevres mêmes une grande givée dont le pied AB ſeroit compoſé de menues branches bien feuillées. Il n'y a aucun doute qu'en coupant en même tems toutes les harres qui la retiendroient & en la faiſant gliſſer promptement d'une ſeule piece, de maniere que toutes les menues branches ſe refoulaſſent ſur la ligne *ab* du pied des chevres, cette givée auroit aſſez de force pour réſiſter à l'eau juſqu'à ce qu'on eût eu le tems de la charger entierement de terre. Fig. 67.

Il faut principalement avoir attention de regarder à l'aval de la digue les endroits par où l'eau commence à s'ouvrir un paſſage, afin d'y faire promptement porter remede du côté d'amont. Une autre attention non moins eſſentielle que la précédente, c'eſt de veiller aux deux extrêmités de la digue par où l'eau s'échappe très-ſouvent. On prévient cet accident en appuyant chacune de ſes extrêmités par un bout de digue A bien enraciné dans les terres. Il faut auſſi placer à l'amont de la givée, ſi-tôt qu'elle eſt échouée, deux gros fagots de glageaux B, que l'on fixe ſolidement dans l'angle au moyen du fort piquet qui les traverſe. Fig. 68.

Lorſque le fond de la riviere eſt trop mouvant, il faut avec des dragues à la main ou à chapelet, draguer à 2 ou 3 pieds de profondeur tout le terrein ſur lequel on doit aſſeoir la digue, & même 6 pieds au-devant. On ſubſtitue enſuite de la bonne terre glaiſe aux ſables mouvans qu'on a enlevés ; mais pour que cette opération réuſſiſſe, il faut draguer par parties & placer au derriere de l'excavation de petits vannages qui empêchent le courant d'enlever la glaiſe à meſure qu'on la jette.

CHAPITRE VI.

Des Batardeaux.

L X.

QUOIQUE plusieurs des digues, dont il a été parlé, prennent quelquefois le nom de batardeaux, & qu'on le donne même communément aux digues de maçonnerie qui se construisent dans les fossés des places fortifiées, on entend plus généralement par *batardeaux* ces especes de digues provisoires dont l'objet est d'enfermer la partie du fond d'une riviere, d'un lac ou de la mer, qu'on veut mettre & tenir à sec pendant un certain tems, afin d'y construire une vraie digue, un pont ou quelqu'autre ouvrage. C'est de ces batardeaux dont il sera ici question.

L X I.

Le corps d'un batardeau est toujours de terre, & plus communément de celle appellée *glaise* qui est la meilleure, tant par rapport à sa tenacité, que parce qu'elle pese plus que les autres & présente par conséquent plus de résistance à volume égal. Quand on est absolument obligé de se servir de terre légere, il faut faire les batardeaux un peu à l'avance, afin de donner à ces terres le tems de se rasseoir.

Lorsqu'un batardeau a peu de hauteur d'eau à soutenir, comme
FIG. 69. 1 ou 2 pieds, & que d'ailleurs cette eau est dormante; on abandonne quelquefois la terre à elle-même, tel est le batardeau A, fig. 69. Plus souvent cependant on soutient le batardeau du côté de l'ouvrage par de petits pilots, derriere lesquels on met quelques planches ou des claies de saules, comme B (même fig.).

FIG. 70. Communément les batardeaux sont composés de deux rangs de pieux A & B, reliés chacun avec son opposé par une barre CE, en dedans, & contre lesquels on pose des claies CD, EF, après quoi tout l'espace compris entre les claies est rempli de bonne terre grasse, bien corroyée avec les pieds, ou à la dame & au rabot, tant que la profondeur de l'eau est trop grande pour que les hommes puissent s'y mettre.

Il faut sur-tout avoir attention, avant que de mettre la terre dans le batardeau, de bien draguer le fond DF, c'est-à-dire, d'enlever toute la vase, le sable fin & les grosses pierres qui s'y trouvent.

Quelquefois on apporte plus de précautions à la construction des batardeaux. Les pieux équarris A sont couronnés par un chapeau B, & entretenus par une lierne E placée à la hauteur des basses eaux, entaillée à la rencontre des pieux & bien boulonnée avec ces pieux. On met en dedans & contre ces mêmes pieux un vannage de planches de deux pouces d'épaisseur enfoncées de 6 à 8 pouces en terre, & contretenues par des traverses de pareille épaisseur de deux pouces. Avant que de mettre, battre & marcher la glaise derriere les vannages, on relie les chapeaux par des entre-toises CD chevillées sur ces chapeaux, & entaillées à leur rencontre. FIG. 71.

Enfin lorsqu'on veut encore plus de solidité, au lieu d'un simple vannage de deux pouces appuyé en dedans des pieux, on bat entre ces pieux, & sur leur même ligne des pal-planches de quatre pouces d'épaisseur, qu'on fixe & retient entre deux cours de liernes, comme on le voit fig. 72. FIG. 72.

Les batardeaux les plus difficiles à construire sont ceux qui doivent être établis sur le roc vif, dans lequel les pieux ne peuvent par conséquent pas prendre fiche. La fig. 73 représente l'assemblage d'un batardeau qui seroit très-utile en pareille circonstance. Le pieu AB, assemblé à charniere par son pied dans la queue B de la chevre BCD, se met facilement à-plomb : on le maintient dans cette position en coupant de longueur la contre-fiche AC qu'on assemble sur le tas. Les pieux une fois ainsi fixés à-plomb, le reste ne souffre plus aucune difficulté. FIG. 73.

LXII.

L'épaisseur des batardeaux doit se calculer comme celle des autres digues ; nous observerons seulement que lorsqu'on les construit, suivant ce qui est indiqué (fig. 71), & sur-tout lorsqu'ils sont garnis de pal-planches de 4 pouces, la résistance des bois est alors un objet si considérable qu'on peut se contenter de mettre la terre en équilibre avec la pression & le choc de l'eau.

LXIII.

La hauteur des batardeaux se regle communément d'après les crues ordinaires, de maniere qu'elles ne puissent pas porter l'eau dans l'enceinte. On sent combien la dépense de ces batardeaux seroit considérable sur certaines rivieres, si on vouloit les tenir au-dessus des plus grandes crues. Cela dépend au reste des circonstances locales, de la nature de l'ouvrage qu'on construit, & du plus ou moins d'inconvénient qu'il y auroit à ce qu'il fût submergé.

Lorſque les batardeaux ont beaucoup de hauteur, on eſt ſouvent obligé de les ſoutenir par des arc-boutans. Il auroit mieux valu les conſtruire par gradins ; ces ſortes de batardeaux facilitent la manœuvre, & l'on peut y employer beaucoup de vieux matériaux qui ne pourroient pas ſervir, ſi on faiſoit le batardeau auſſi large par en haut que par en bas.

L X I V.

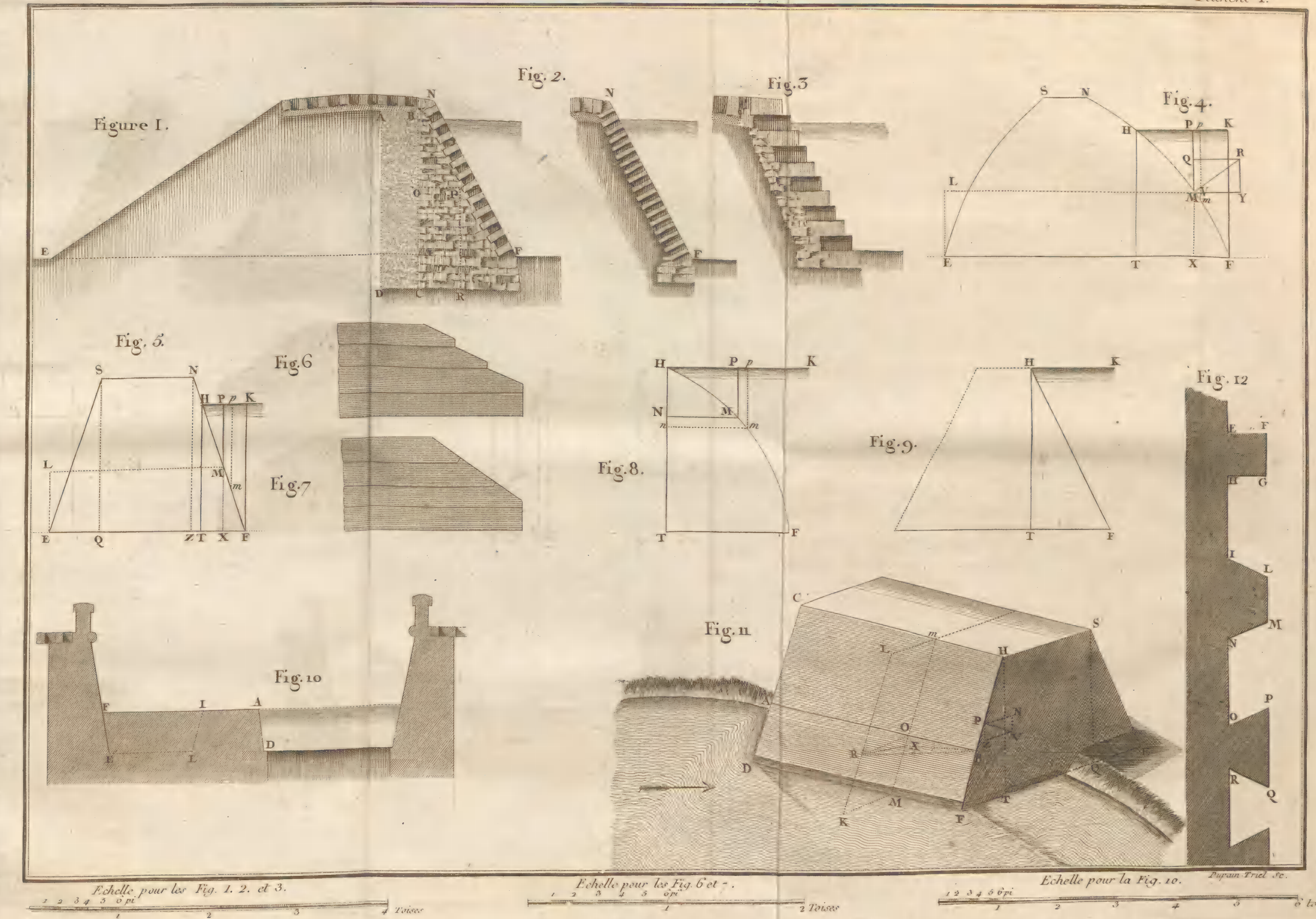
La forme d'un batardeau & l'étendue qu'il doit occuper, dépendent principalement de la forme & de la grandeur de l'ouvrage qu'on veut y enfermer, du nombre des chapelets ou autres machines à épuiſer qu'il faut y établir, & des manœuvres plus ou moins compliquées & embarraſſantes qu'on aura à y faire. On doit d'ailleurs placer, autant qu'il eſt poſſible, les flancs d'un batardeau parallelement au fil de l'eau, & il faut toujours ménager au courant une entrée & une ſortie facile dans le lit qui lui reſte, en formant des pans coupés & des avant & arriere-bées qu'on
FIG. 74. peut voir fig. 74.

Cette figure comprend trois batardeaux ; l'un AB eſt deſtiné à favoriſer l'établiſſement de la fondation d'un mur de quai ; le ſecond DEFG enferme une culée H, & une pile I ; quelquefois on fait entre la pile & la culée un petit contre-batardeau KL. Enfin le troiſieme batardeau MN ne renferme qu'une pile.

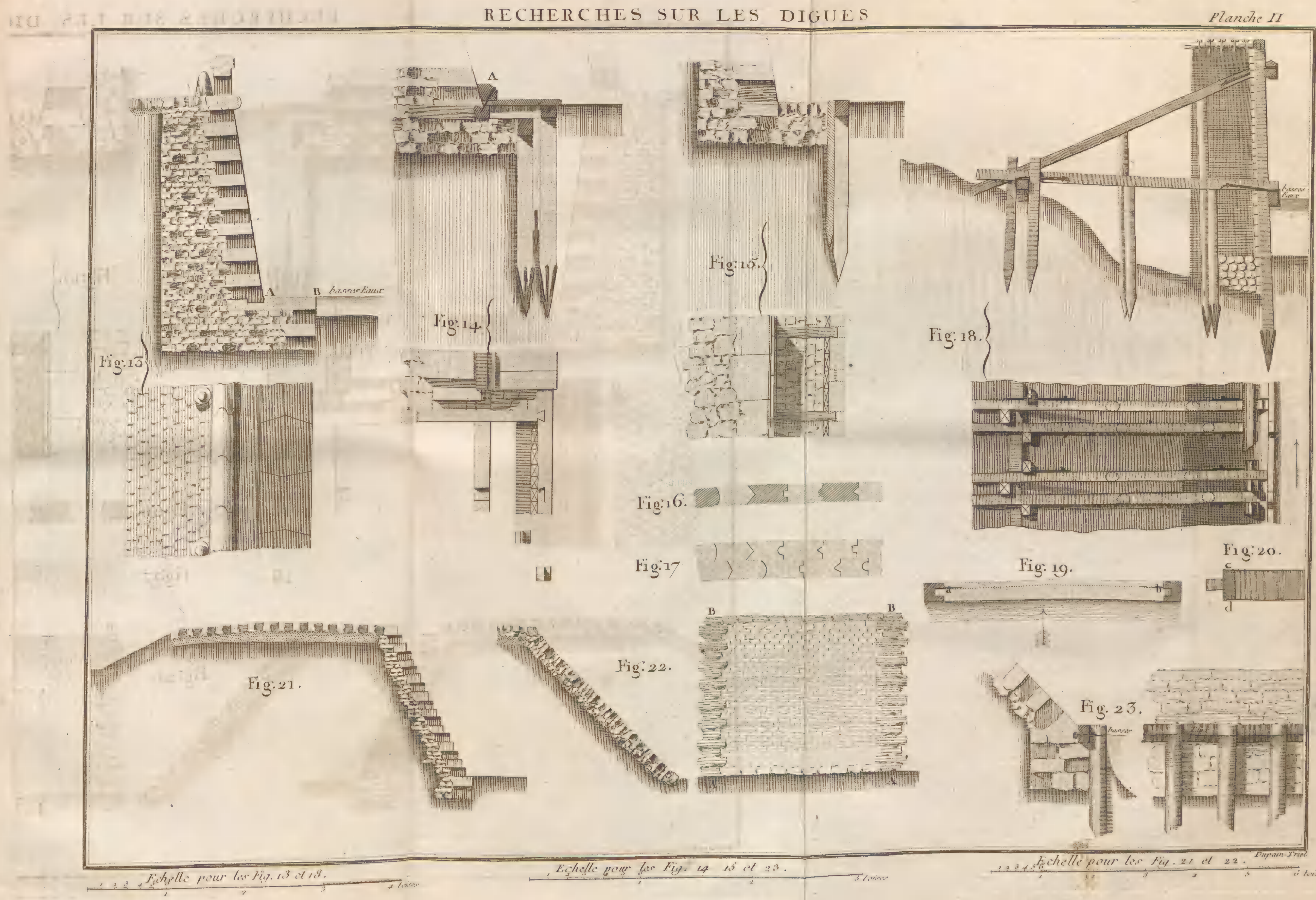
Lorſque le courant eſt très-rapide, on le rompt quelquefois par un vannage, tel que OP ou CF, placé en avant & à quelque diſtance du batardeau, ce qui le ſoulage beaucoup.

On doit regarder, avant que de déterminer l'emplacement d'un batardeau, s'il n'y a pas au deſſous quelque attériſſement qu'il convienne de raſer, & dans ce cas on établit les branches de ce batardeau de maniere qu'il puiſſe en même tems ſervir d'épi. C'eſt cette attention à profiter de toutes les circonſtances, qui diſtingue principalement l'homme intelligent du praticien borné.

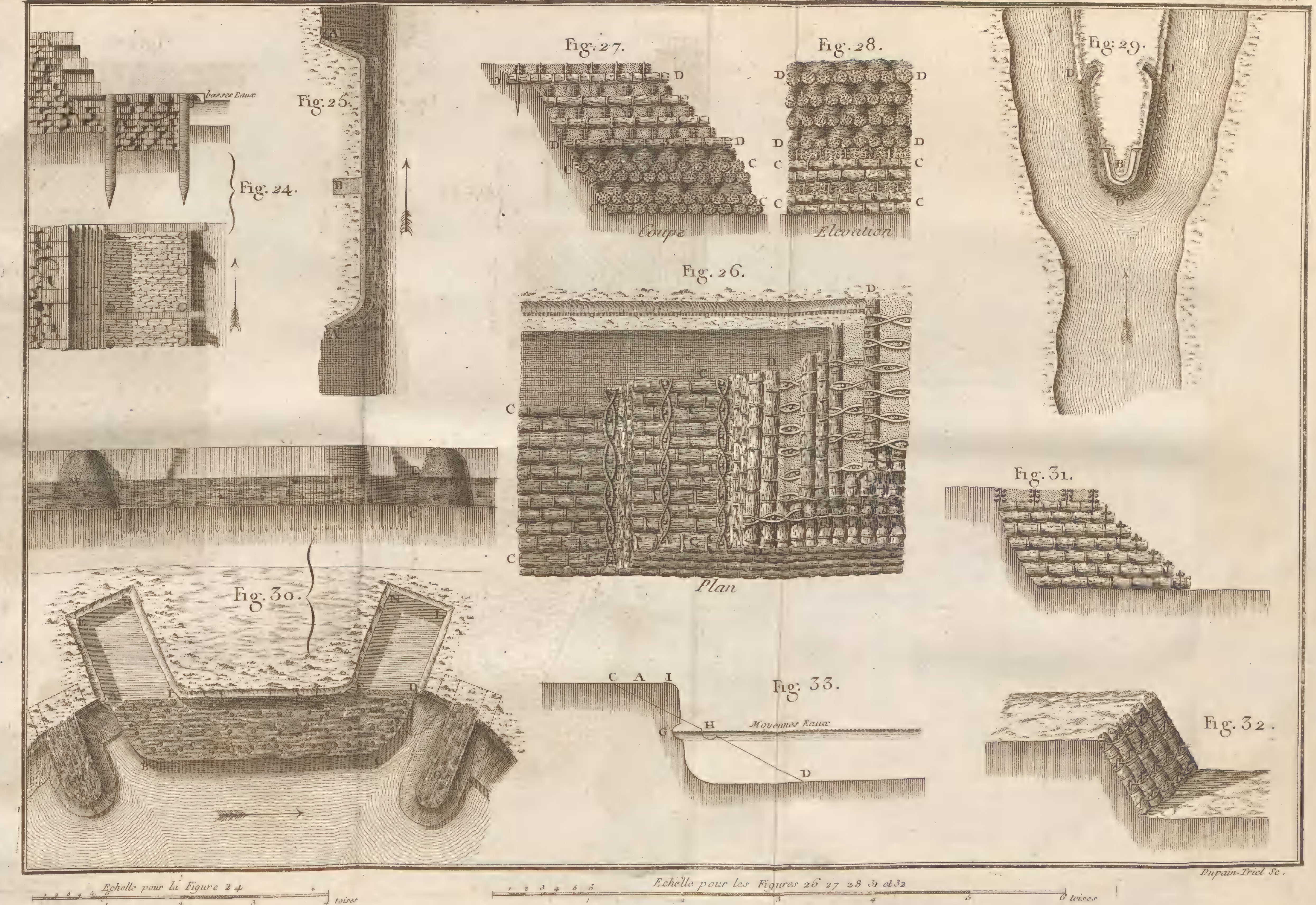
FIN.

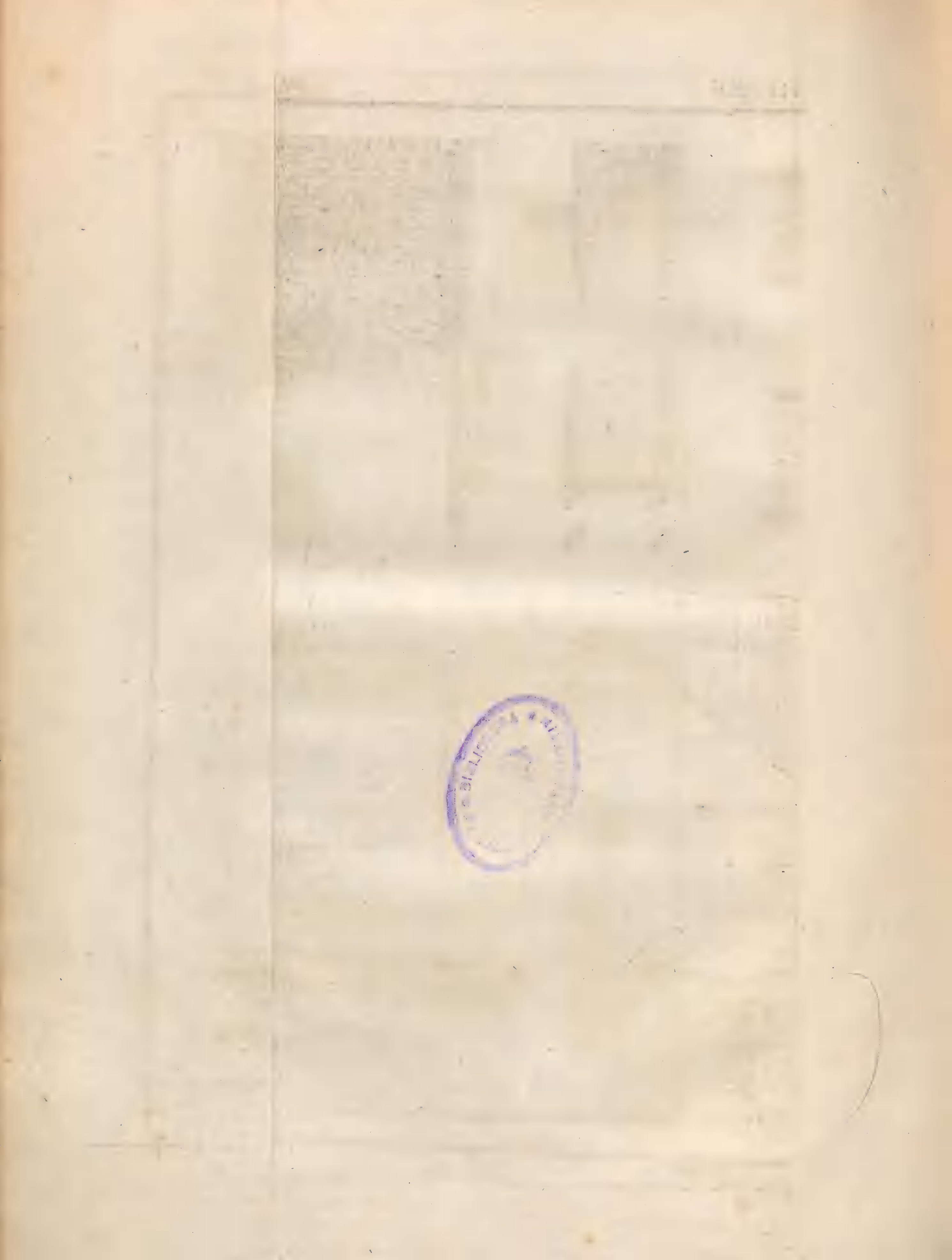

Figure I.
Fig. 2.
Fig. 3
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Dupain Triel Sc.
Echelle pour les Fig. 1. 2. et 3.
1 2 3 4 5 6 pi
1 2 3 4 Toises
Echelle pour les Fig. 6 et 7.
1 2 3 4 5 6 pi
1 2 Toises
Echelle pour la Fig. 10.
1 2 3 4 5 6 pi
1 2 3 4 5 6 toises

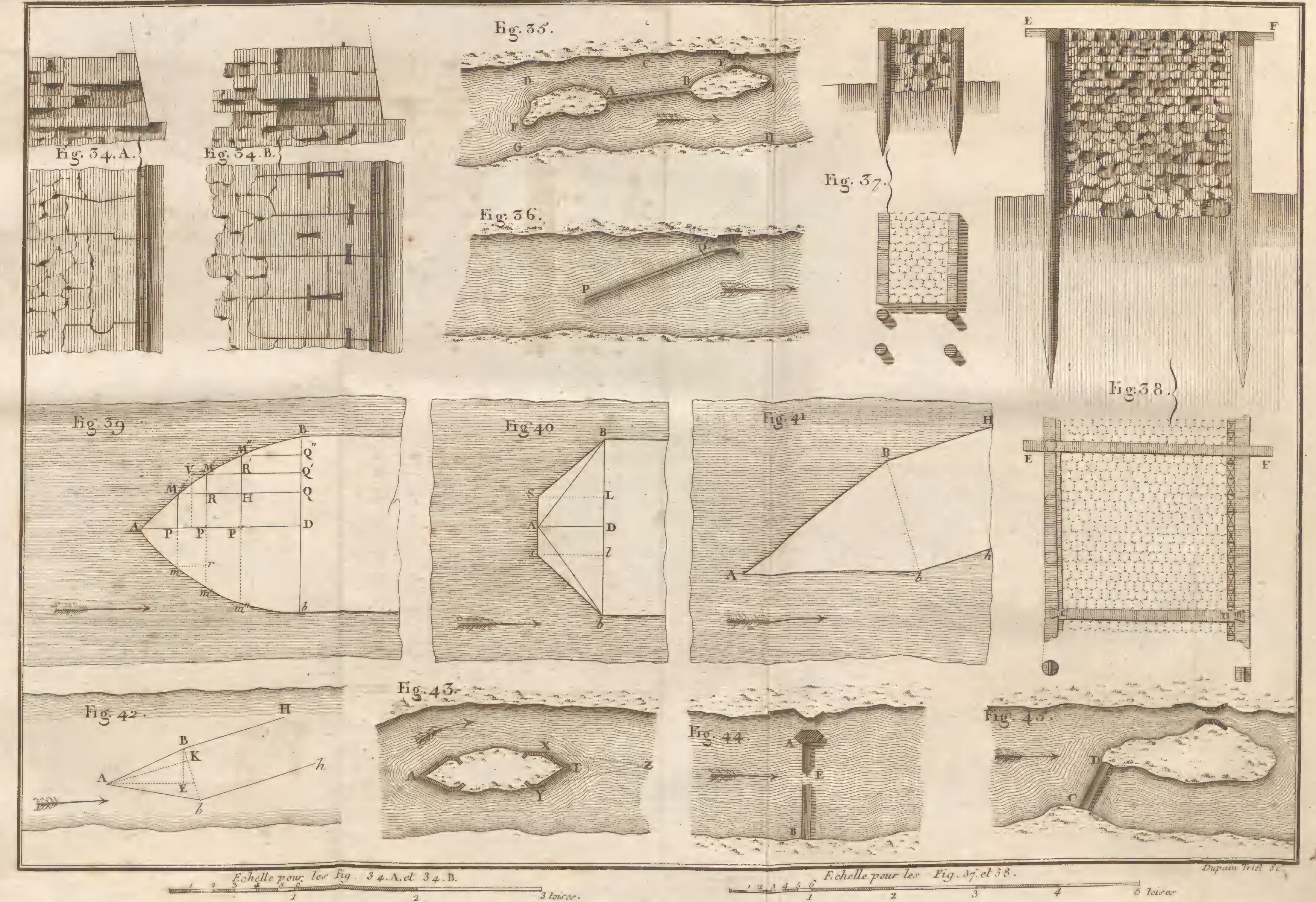



Fig. 13.
A
B
basses Eaux
Fig. 14.
A
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17
Fig. 18.
basses Eaux
Fig. 19.
a
b
Fig. 20.
c
d
Fig. 21.
Fig. 22.
B
B
A
A
Fig. 23.
basses
Echelle pour les Fig. 13 et 18.
1 2 3 4 5
1
2
3
4 toises
Echelle pour les Fig. 14 15 et 23.
1
2
3 toises
Echelle pour les Fig. 21 et 22.
1 2 3 4 5 6
1
2
3
4
5
6 toises
Dupain-Triel

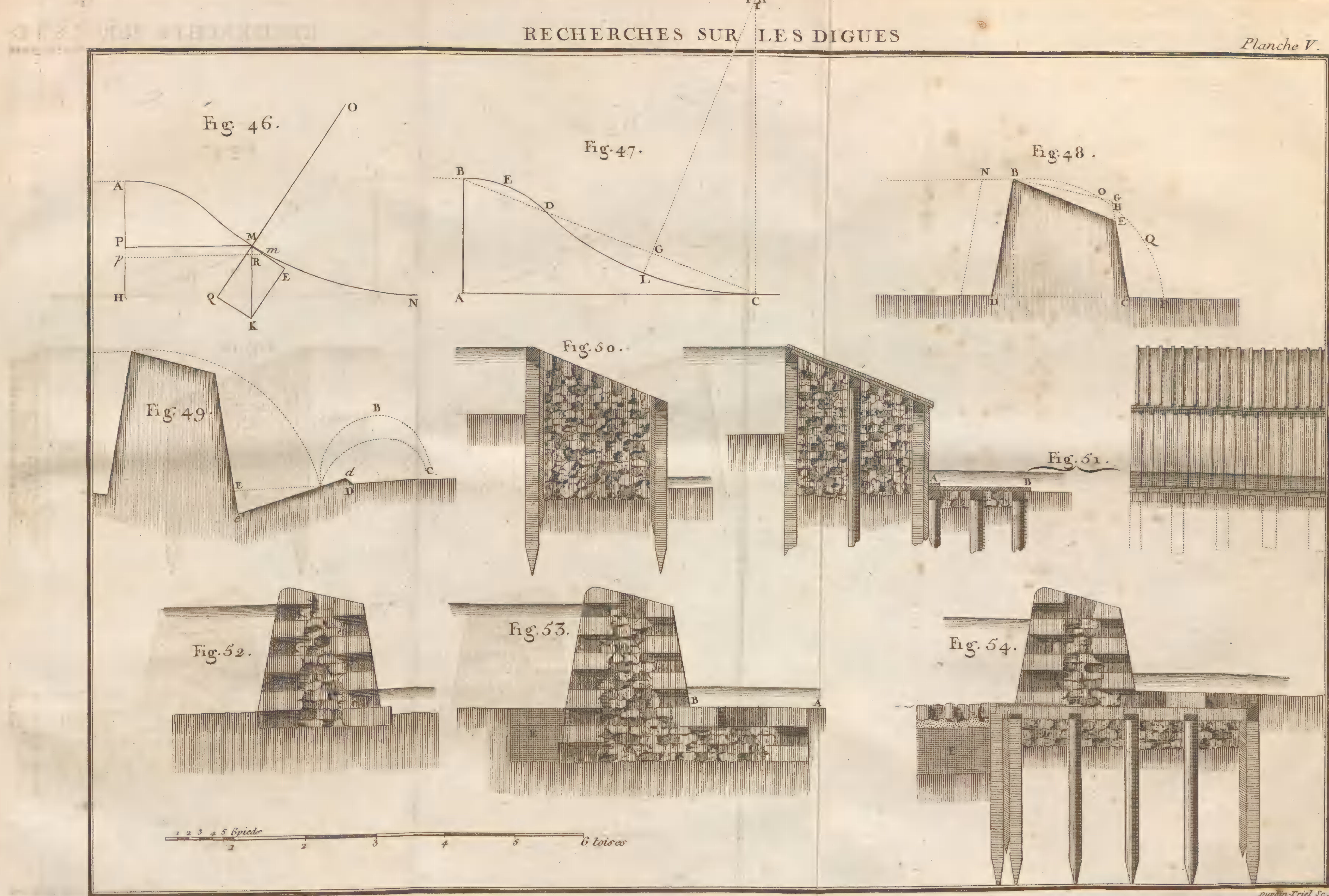



Fig. 24.
basses Eaux
Fig. 25.
A
B
A
Fig. 27.
Coupe
Fig. 28.
Elevation
Fig. 29.
Fig. 26.
Plan
Fig. 30.
Fig. 31.
Fig. 32.
Fig. 33.
Moyennes Eaux
C A I
H
G
D
Echelle pour la Figure 24
toises
Echelle pour les Figures 26 27 28 31 et 32
6 toises
Dupain-Triel Sc.

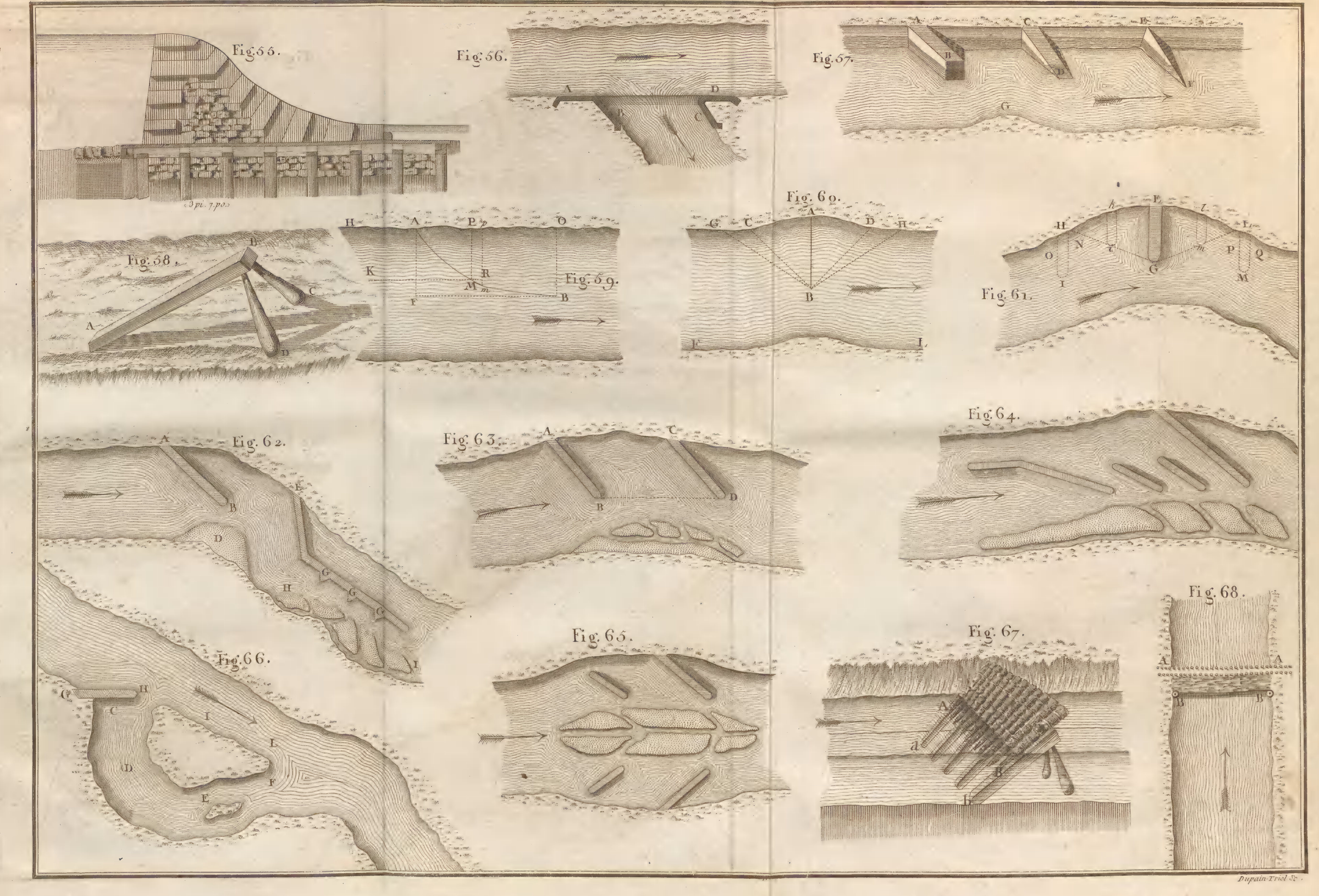



Fig. 34. A.
Fig. 34. B.
Fig. 35.
Fig. 36.
Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39
Fig. 40
Fig. 41
Fig. 42.
Fig. 43.
Fig. 44
Fig. 45.
Dupain Triel Sc.
Echelle pour les Fig. 34. A. et 34. B.
3 toises.
Echelle pour les Fig. 37. et 38.
6 toises

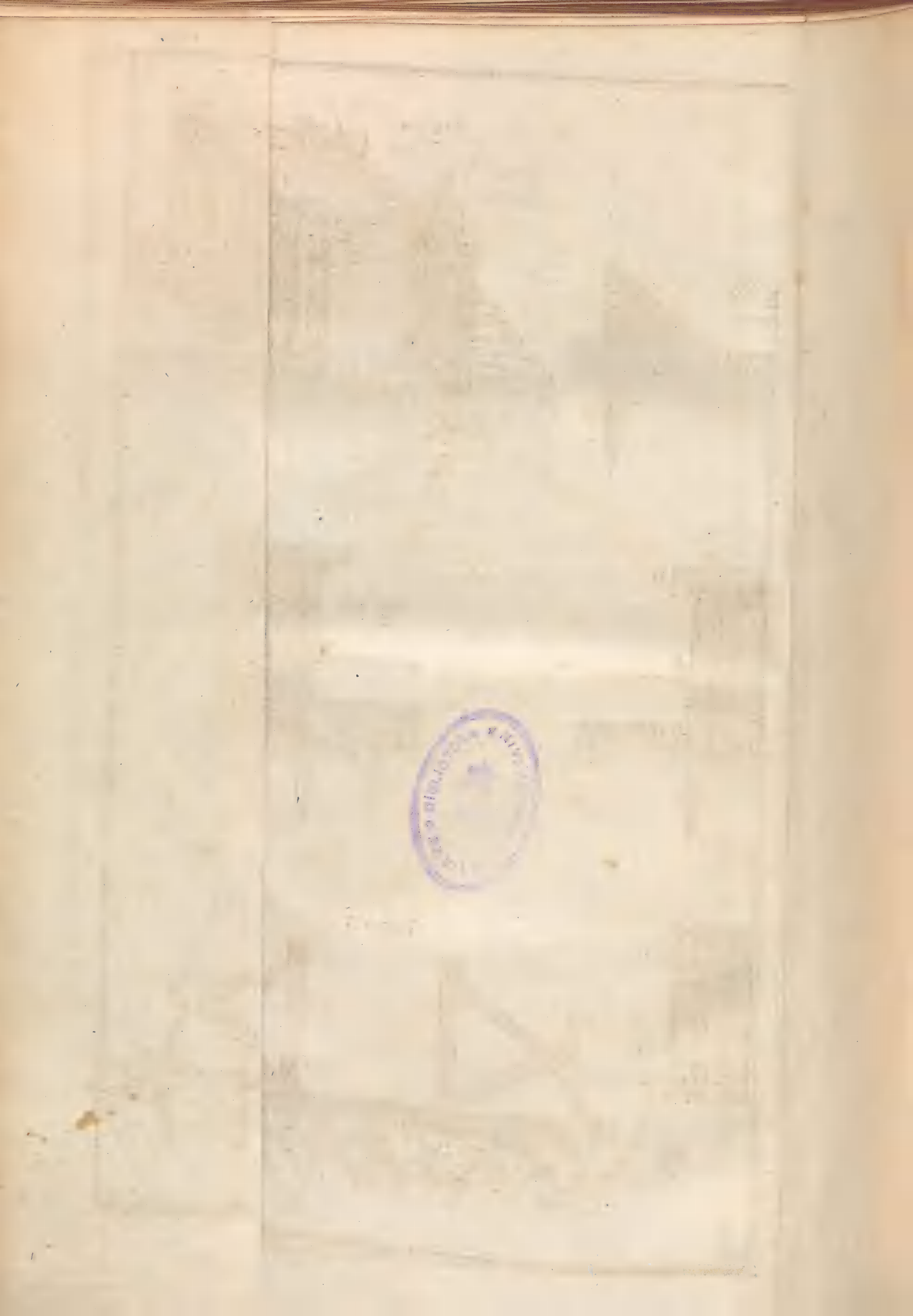



Fig. 46.
O
A
P
M
m
p
R
E
Q
H
K
N
Fig. 47.
F H
I
B
E
D
G
L
A
C
Fig. 48.
N
B
O
G
H
E
Q
D
C
F
Fig. 49.
B
E
d
D
C
e
Fig. 50.
Fig. 51.
A
B
Fig. 52.
Fig. 53.
B
A
E
Fig. 54.
F
1 2 3 4 5 6 pieds
2
2
3
4
5
6 toises
Dupain-Triel Sc.





Dupain-Triel Sc.



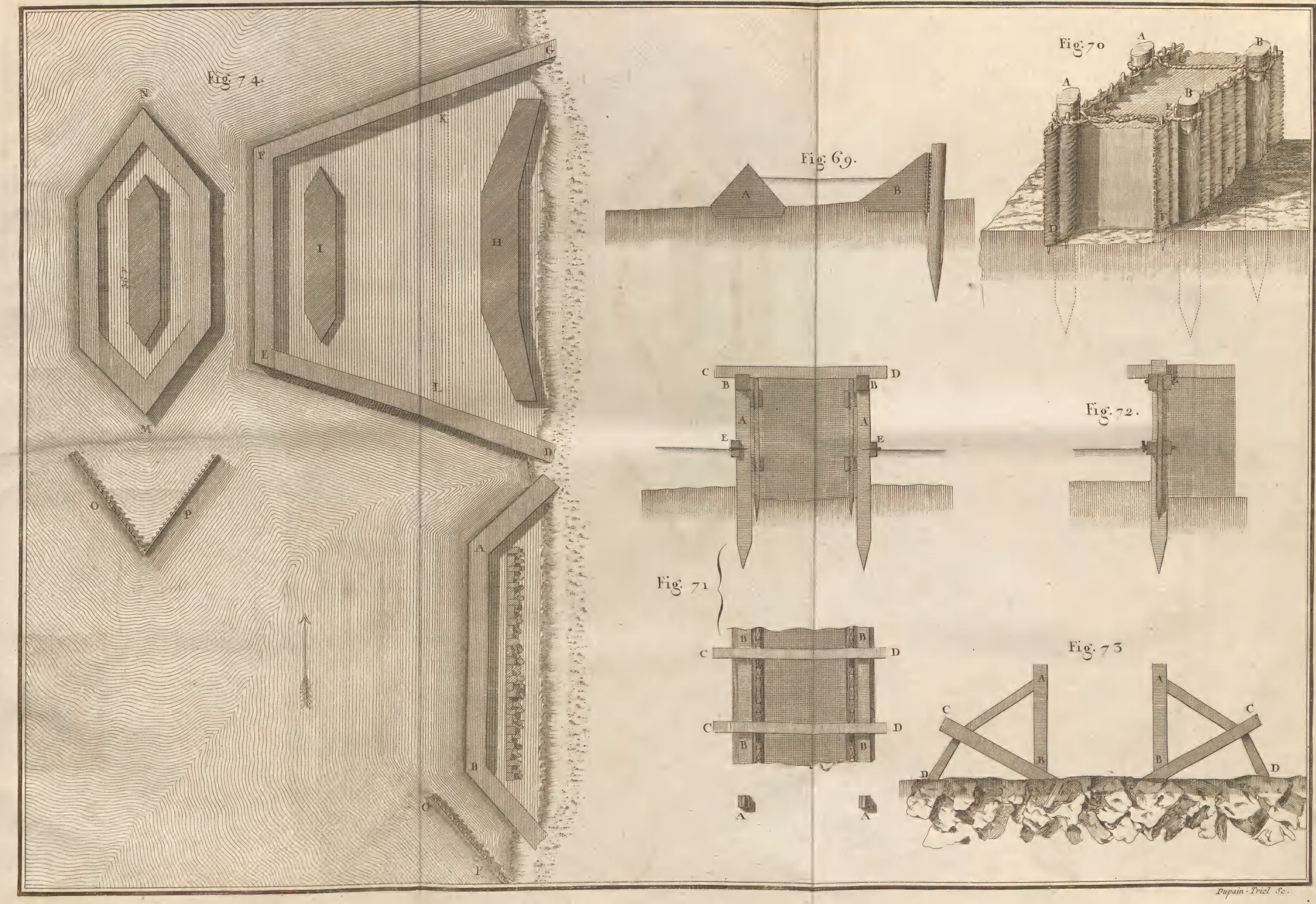

Fig. 74.
N
M
O
P
F
E
K
L
G
D
I
H
A
B
C
Fig. 69.
A
B
Fig. 70
A
B
D
F
Fig. 71
C
D
E
Fig. 72.
Fig. 73
Dupain-Triel Sc.





TABLE DES CHAPITRES.

Fin de la Table.

ERRATA.

Cet Ouvrage n'ayant pas été imprimé sous les yeux de ses Auteurs, il s'y est glissé un très-grand nombre de fautes, sur-tout dans les calculs. On va indiquer & corriger les principales.

Page 7, *ligne* 2, réservoirs, *lisez* réversoirs.

Pag. 8, *lig.* 12, de eaux, *lisez* des eaux.

Ibid. *à la marge, vis-à-vis la ligne* 14, Fig. 2, *lisez* Fig. 1.

Pag. 13, *lig.* 22, *on a mis le chiffre* 2 *pour la lettre* z.

Pag. 14, *lig.* 3, $\frac{nbzz}{2}$ *lisez* $\frac{\Pi bzz}{2}$.

Pag. 16, *lig.* 32, poids comme Q, *lisez* poids connu Q.

Ibid. *lig.* 34, K, *lisez* k.

Pag. 17, *lig.* 21, *dans le dernier terme de l'équation, au lieu de* z^{--1} *lisez* $z^{\frac{1}{-}-1}$.

Pag. 18, *lig.* 19, N = O, *lisez* N = o.

Ibid. *à la marge, vis-à-vis la lig.* 22, *mettez* Fig. 9.

Pag. 22, *lig.* 6, e cas, *lisez* le cas.

Ibid. *lig.* 26, $\sqrt{aa \times ff}$, *lisez* $\sqrt{aa + ff}$.

Ibid. *lig.* 27, le sinus total = i, *lisez* le sinus total = 1.

Pag. 24, *lig.* 17, du, *lisez* un.

Ibid. *lig.* 18, du, *lisez* de.

Ibid. *lig.* 20, $\frac{mqa^2 V^2 q^2 r^2}{2Kv^2}$ *lisez* $\frac{mQa^2 V^2 q^2 r^2}{2Kv^2}$.

Pag. 27, *lig.* 32, les lignes *ab* l'indiquent, *lisez* la ligne *ab* l'indique.

Pag. 33, *lig.* 24, caisse, *lisez* laisse.

Pag. 40, *lig.* 8, (*sin.* BAE), *lisez* (*sin.* BAE)^2 (*les* 2 *qui doivent affecter les sinus sont effacés dans tout cet endroit*).

Ibid. *lig.* 19, $\left(\frac{(b-x)r-qa}{\sqrt{aa+(b-x)^2}}\right)$ *lisez* $\left(\frac{(b-x)r-qa}{\sqrt{aa+(b-x)^2}}\right)^2$.

Pag. 42, *lig.* 26, réservoirs, *lisez* réversoirs.

Pag. 43, *lig.* 6, commencement, *lisez* couronnement.

Ibid. *on a oublié de citer à la marge, la* Figure 46.

Pag. 44, *lig.* 8, RM, *lisez* R*m*.

Pag. 52, *lig.* 18, à craincre, *lisez* à craindre.

Pag. 54, *lig.* 34, *supprimez ces mots*, le long, *qui se trouvent répetés.*

Pag. 55, *on a oublié de citer à la marge la* Figure 63.

APPROBATION.

J'AI lu par ordre de Monseigneur le Vice-Chancelier, un manuscrit intitulé : *Recherches sur la construction la plus avantageuse des Digues, &c.* & je pense que son impression ne peut qu'être très-utile au Public, & faire honneur à ses Auteurs. A Paris, le 25 Septembre 1764.

MONTUCLA.

PRIVILEGE DU ROI.

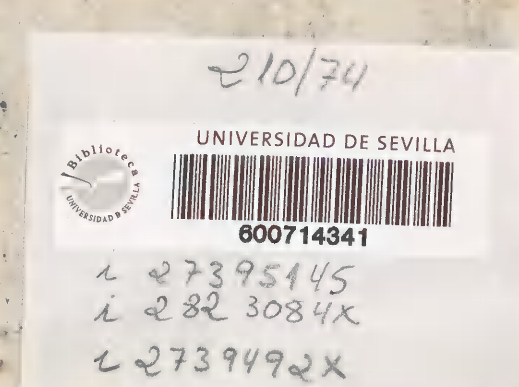
LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre : A nos amés & féaux Conseillers, les Gens tenant nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand-Conseil, Prevôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Justiciers qu'il appartiendra, SALUT. Notre amé CHARLES-ANTOINE JOMBERT, notre Libraire à Paris, Nous a fait exposer qu'il desireroit faire imprimer & réimprimer des Ouvrages qui ont pour titre : *ARCHITECTURE HYDRAULIQUE ; Bibliotheque portative d'Architecture élémentaire ; Architecture Françoise, par M. Blondel ; Cours d'Architecture de Vignole, par d'Aviler, avec un Dictionnaire des termes d'Architecture, par le même ; Méthode pour apprendre le Dessein, avec des Figures & des Académies ; Anatomie à l'usage des Peintres, par Tortebat ; Géométrie de Le Clerc ; Traité de Stéréotomie, par M. Frezier ; Architecture Moderne ; De la décoration des Edifices, par M. Blondel ; la Théorie & la Pratique du Jardinage, par Alexandre Le Blond ; Œuvres de M. Ozanam ; Œuvres de M. Belidor ; savoir, le Cours de Mathématique, la Science des Ingénieurs, le Bombardier François ; Cours de Science militaire, par M. Le Blond, contenant l'Arithmétique & la Géométrie de l'Officier, la Fortification, l'Artillerie, l'Attaque & la Défense des Places, la Castramétation, la Tactique, &c. Recueil des Pierres gravées du Cabinet du Roi ;* s'il nous plaisoit de lui accorder nos Lettres de privilege pour ce nécessaires. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter l'Exposant, nous lui avons permis & permettons par ces Présentes, de faire imprimer & réimprimer lesdits Ouvrages, autant de fois que bon lui semblera, & de les vendre, faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le tems de dix années consécutives à compter du jour de la date des Présentes : Faisons défenses à tous Imprimeurs, Libraires & autres personnes, de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étrangere dans aucun lieu de notre obéissance : comme aussi d'imprimer ou faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire lesdits Ouvrages, ni d'en faire aucuns extraits, sous quelque prétexte que ce soit, d'augmentation, correction, changemens ou autres, sans la permission expresse & par écrit dudit Exposant, ou de ceux qui auront droit de lui ; à peine de confiscation des exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des contrevenans, dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, & l'autre tiers audit Exposant, ou à celui qui aura droit de lui, & de tous dépens, dommages & intérêts : à la charge que ces Présentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelles ; que l'impression & réimpression desdits Ouvrages sera faite dans notre Royaume, & non ailleurs, en bon papier & beaux caracteres, conformément à la feuille imprimée, attachée pour modele sous le contre-scel des Présentes ; que l'Impétrant se conformera en tout aux Réglemens de la Librairie, & notamment à celui du 10 Avril 1725 ; & qu'avant de les exposer en vente, les manuscrits & imprimés qui auront servi de copie à l'impression & réimpression desdits Ouvrages, seront remis dans le même état où l'Approbation y aura été donnée, ès mains de notre très-cher & féal Chevalier, Chancelier de France, le Sieur DE LAMOIGNON ; & qu'il en sera ensuite remis deux exemplaires de chacun dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, un dans celle dudit Sieur DE LAMOIGNON, & un dans celle de notre

très-cher & féal Chevalier Vice-Chancelier & Garde des Sceaux de France, le Sieur De Maupeou; le tout à peine de nullité des Présentes. Du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Exposant ou ses ayans cause, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie desdites Présentes, qui sera imprimée tout au long au commencement ou à la fin desdits Ouvrages, soit tenue pour duement signifiée; & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conseillers-Secretaires, foi soit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis, de faire, pour l'exécution d'icelles, tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de haro, Charte normande, & Lettres à ce contraires: Car tel est notre plaisir. Donné à Paris, le premier jour du mois de Février, l'an de grace mil sept cent soixante-quatre, & de notre Regne le quarante-neuvieme. Par le Roi en son Conseil.

LE BEGUE.

Registré sur le Registre XVI de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, n°. 115, fol. 61, conformément aux Réglemens de 1723. A Paris, le 6 Février 1764.

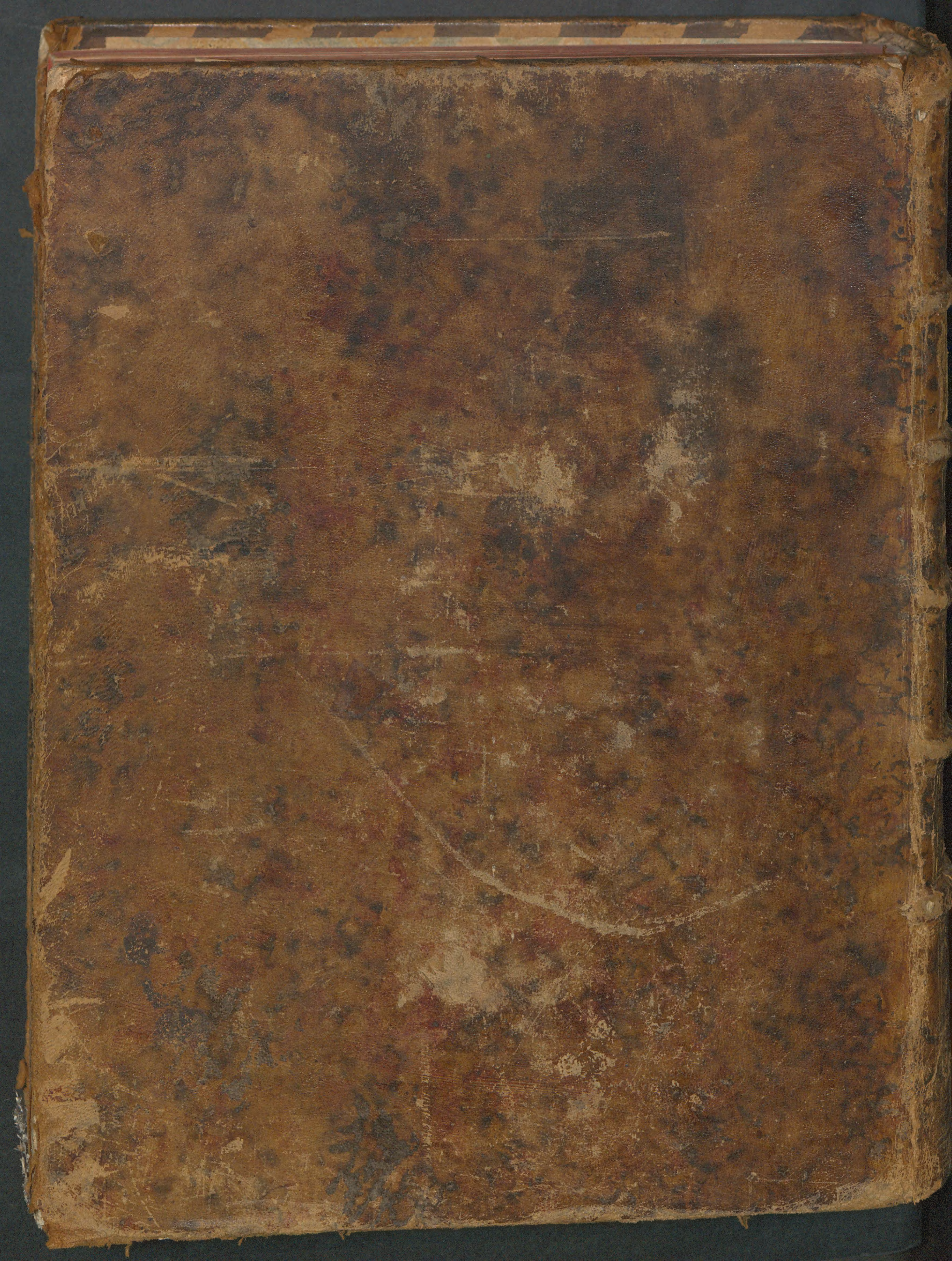
LE BRETON, Syndic.



2l0/74
UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Biblioteca
UNIVERSIDAD DE SEVILLA
600714341
l 27395145
i 282 3084X
l 2739492X









MEMOIR
SVR
LARCHIT